

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**CONTENIDO DE CARBONO EN SUELO Y BIOMASA ARBÓREA
EN EL BOSQUE DE NEBLINA DE SAMANGA, AYABACA – PIURA.**

PRESENTADA POR:

BR. SUZETTI JUBITZA RAMÍREZ MEDINA.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

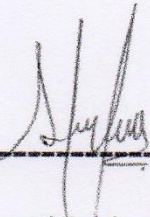
BIÓLOGO

PIURA – PERÚ

2016

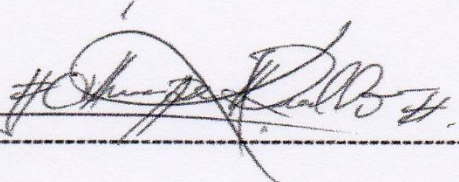
TESIS

CONTENIDO DE CARBONO EN SUELO Y BIOMASA ARBÓREA EN EL
BOSQUE DE NEBLINA DE SAMANGA, AYABACA – PIURA.



Br. Suzetti Jubitza Ramírez Medina

TESISTA



Blgo. Jesús Manuel Charcape Ravelo, Dr.

ASESOR

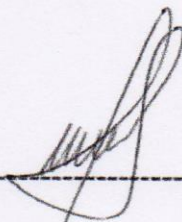
TESIS

CONTENIDO DE CARBONO EN SUELO Y BIOMASA ARBÓREA EN EL BOSQUE DE NEBLINA DE SAMANGA, AYABACA – PIURA.




Blgo. Ronald Wilmer Marcial Ramos, Msc.

Presidente



Blgo. Juan Agapito Martínez Mendoza, Msc.

Secretario



Blgo. Santiago Coronel Chávez, Msc.

Vocal

DEDICATORIA

De manera especial a mi madre, Ursula Medina por todo el amor, comprensión, confianza y el apoyo incondicional en cada momento de mi vida inculcando en mí las bases de la responsabilidad y deseos de superación.

A mi abuela Julia Visueta y a mi tío Hernán Medina, quienes han sido mi fortaleza para enfrentar dificultades.

AGRADECIMIENTOS

Al creador de todas las cosas y forjador de mi camino, a Él que me ha acompañado siempre y me ha levantado en mis continuos tropiezos, permitiéndome culminar esta meta.

A mi madre, por su comprensión y apoyo durante mi formación académica y personal. Por su paciencia en el desarrollo y culminación de esta investigación.

A mi asesor de tesis Blgo. Manuel Charcape Ravelo, por brindarme sus conocimientos y por la orientación en todo el desarrollo de la investigación.

A la ONG Naturaleza y Cultura Internacional (NCI) y al Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) por la confianza brindada y por el financiamiento de esta investigación.

A los Blgos. Alexander More y Paul Viñas por sus concejos, enseñanzas, por haber confiado en mí y haberme permitido realizar esta investigación como parte de su equipo.

A la Blga. Mariella Scarpatti Gaviño, por haber sido parte de mi crecimiento profesional, por su amistad y por la confianza depositada en mí.

A los pobladores del caserío de Espíndola, quiénes me guiaron y acompañaron durante todos los muestreos, llegando a fortalecer lazos de amistad, en especial Juan Merino, Julio Abad y Boris Merino.

A Wylliam Calle, Carlos Cruz y Roberto Dimas, por el apoyo en todos los muestreos, por su compañía en esos días de campo y por la amistad brindada.

Al Blgo. Esteban Pinto, quien con su experiencia me pudo brindar conocimientos y lograr así disipar mis dudas.

Al Ing. Jorge Cueva, por todo su apoyo en el análisis de datos, por la información proporcionada y por todos los conocimientos que impartió en mí durante estos meses.

A Thelia Céspedes, por su confianza, por su amistad todos estos años y por el apoyo que me pudo brindar en todo este tiempo.

A Juan Manuel por su apoyo constante, por la motivación que me brindó, por haber sido fuente de conocimiento, calma y consejo en todo momento.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIALES Y METODOS.....	5
2.1. ÁREA DE ESTUDIO:.....	5
2.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:.....	6
2.3. SELECCIÓN DE SITIOS E INSTALACIÓN DE PARCELAS:.....	7
2.3.1. Selección de sitios	7
2.3.2. Tamaño y Número de Parcelas.....	8
2.3.3. Instalación de parcelas	9
2.4. MÉTODO DE MUESTREO.....	11
2.4.1. Estimación de biomasa arbórea.....	11
2.4.2. Estimación de carbono orgánico en suelo	15
2.5. PROCESAMIENTO DE DATOS	17
2.5.1. Biomasa arbórea.....	17
III. RESULTADOS	19
3.1. ESTIMACIÓN DE CARBONO EN LA BIOMASA ARBÓREA	19
3.1.1. Contenido de Biomasa y Carbono.....	20
3.2. ESTIMACIÓN DE CARBONO EN EL SUELO.....	21
3.3. CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA ARBÓREA Y SUELO	24

3.4. CONTENIDO DE CARBONO A NIVEL DE PAISAJE	25
IV. DISCUSIÓN.....	26
V. CONCLUSIÓN	30
VI. RECOMENDACIONES.....	31
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32
VIII. ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Ecuaciones alométricas empleadas en el cálculo de Biomasa arbórea.	17
Tabla 2: Número de individuos por clases diamétricas.	19
Tabla 3: Biomasa arbórea (Tn/ha) calculado con cuatro ecuaciones alométricas.....	20
Tabla 4: Contenido de carbono (Tn/ha) calculado con cuatro ecuaciones alométricas	20
Tabla 5: Contenido de Carbono promedio (Tn/ ha) en las seis parcelas.	21
Tabla 6: Densidad aparente encontradas en las calicatas.	22
Tabla 7: Contenido de Carbono en suelo a diferente profundidad	22
Tabla 8: Contenido de carbono (Tn/ha) por parcela.	24
Tabla 9: Contenido y porcentaje de carbono por compartimiento en cada parcela	24
Tabla 10: Contenido de carbono en 3 parcelas evaluadas	37
Tabla 11: Datos estadísticos para obtener el número de parcelas.....	37
Tabla 12: Corrección de la pendiente del terreno para una medición de 10 m	38
Tabla 13: Plantilla de establecimiento de la parcela. (Osinaga et al., 2014.....	39
Tabla 14: Planilla de monitoreo de vegetación arbórea.....	40
Tabla 15: Análisis especial del suelo obtenido de las parcelas.	43
Tabla 16: Ficha de evaluación de suelo	44
Tabla 17: Contenido de carbono / especie/ha	45
Tabla 18: Contenidos de carbono en biomasa en bosques de distintos países.....	46
Tabla 19: Contenido de Carbono en diferentes Bosques montanos	48
Tabla 20: Contenido de carbono en biomasa arbórea en diferentes bosques montanos.	48
Tabla 21: Listado de especies encontradas en el bosque de Samanga	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. Ubicación del Bosque de Neblina de Samanga.	5
Fig. 2: Vista Panorámica del Bosque de neblina de Samanga.....	7
Fig. 3. Mapa de Ubicación de parcelas evaluadas en el Bosque de neblina de Samanga “Bosque de Ramos”	8
Fig. 4: Marcado de las parcelas en campo (Adaptado de Osinaga et al., 2014).	10
Fig. 5: Medición de distancias en áreas con pendientes (Osinaga et al., 2014).....	11
Fig. 6: Diseño de Parcela de 60 x 60 m dividida en cuadrantes de 20 x 20 m.	11
(Modificado Osinaga et al., 2014).	11
Fig. 7: Medición de diámetro en árboles con deformación (Osinaga et al., 2014)	13
Fig. 8: Medición de diámetro en árboles multifustales (Osinaga et al., 2014)	13
Fig. 9: Medición de diámetro en árboles inclinados (Osinaga et al., 2014)	14
Fig.10: Ubicación correcta del PMD en árboles en pendientes (Osinaga et al., 2014).	14
Fig.11. Diseño de muestreo (modificado Osinaga et al. 2014).	17
Fig.12: Diámetros por parcela.	19
Fig.13: Contenido de Carbono en Biomasa arbórea en las seis parcelas evaluadas.	20
Fig. 14: Calicata de 1x 1 x 1 m	21
Fig. 15: Horizontes de suelo encontrados.	21
Fig.16: Contenido de carbono a diferentes profundidades por parcela	23
Fig.17: Contenido de carbono en suelo por parcela.....	23
Fig. 18: Contenido de carbono en los dos reservorios evaluados.	25
Fig. 19: Análisis de caracterización de las muestras de calicatas (macro y micro nutrientes).	41
Fig. 20: Análisis especial de las muestras de suelo de las calicatas	42
(Peso seco y % humedad).....	42
Fig.21: Contenido total de Carbono en Bosques montanos	48
Fig.22: Comparación de cantidad de carbono por reservorio en bosques montanos	49
Fig. 23: Instalación de la Parcela	52
Fig.24: Estimación de Biomasa arbórea.	53
Fig. 25: Realización de calicatas e identificación de horizontes del suelo.	54
Fig. 26: Toma de muestras de suelo dentro de las parcelas	55
Fig. 27: Equipo evaluador.....	56

RESUMEN

Los bosques son sistemas complejos que pueden contribuir a la mitigación del cambio climático, pues almacenan carbono en la vegetación y en el suelo. Uno de los ecosistemas menos estudiados en los trópicos, en cuanto a sus reservorios y flujos de carbono, son los bosques de neblina. El objetivo de la presente investigación fue estimar el contenido de carbono en el suelo y biomasa arbórea en el “Bosque de neblina de Samanga” de la Comunidad Campesina de Samanga (Ayabaca, Piura) situado entre los 2 800 a 3 200 msnm. Se establecieron 6 parcelas permanentes de 0,36 ha cada una, dentro de las cuales se tomaron muestras de suelo a 18 y 36 cm de profundidad; estas fueron trabajadas en laboratorio mediante el método de Walkley Black. Dentro de cada parcela se estimó la biomasa arbórea mediante el método indirecto (no destructivo), en el cual se tomaron datos dasométricos de cada individuo con $DAP \geq 5$ cm. Se contabilizaron un total de 4 583 individuos, los cuales, de acuerdo a los resultados obtenidos, aportan el 20,55% del total de carbono encontrado en el bosque, mientras que el contenido de carbono en el suelo representa el 79,45% ($397,11 \text{ Tn ha}^{-1}$). La suma de los dos reservorios indicó que el contenido de carbono para el Bosque de Samanga fue de $499,81 \text{ Tn ha}^{-1}$.

Palabras clave: Suelo, Walkley Black, Dasométricos, Reservorios, ecuaciones alométricas.

ABSTRACT

Forests are complex systems that can contribute to mitigating climate change because they store carbon in vegetation and soil. One of the least studied ecosystems in the tropics, in their reservoirs and carbon fluxes, are cloud forests. The aim of this research was to estimate the carbon's content in the soil and tree biomass in "Ramos' forest mist", which is belong to the native community of Samanga (Ayapaca, Piura). The fores mist is between 2800-3200 meters. For this research has been established 6 permanent plots of 0.36 ha and each ones samples were taken of 18 and 36 cm deep, which were worked in the laboratory by the method of Walkley Black. In each plot, tree biomass is estimated by a (non-destructive) indirect method, in which each individual's dasometrics data were taken with $DAP \geq 5\text{cm}$. In total, 4583 individuals were counted which would be contributing with 20.55% of all carbon found in the forest, while the carbon's content in soil represent the 79.45% (397.11 Ton ha⁻¹). The sum of the two reservoirs indicated that the carbon's content for the forest was 499.81 Samanga Ton ha⁻¹.

Keywords: Soil, Walkley Black, Reservoirs, Dasometrics, allometric equations.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de tipo ambiental que afectan al mundo está relacionado con el cambio climático, el cual afecta de forma negativa los procesos ecológicos, económicos y sociales que rigen el planeta (IPCC, 2001). El cambio climático es en parte producto del incremento de las emisiones de los gases de efecto invernadero como el metano, el óxido nitroso y el dióxido de carbono (CO₂). Las altas emisiones dióxido de carbono (CO₂) como parte de los gases de efecto invernadero, han influido directamente en el cambio climático especialmente a partir de mediados del siglo XIX (Orrego *et al.*, 2003).

En lo que respecta a los contenidos de carbono atmosférico, éstos se han incrementado, principalmente por dos actividades humanas, el cambio de uso de la tierra y la combustión de fósiles (Ibrahim *et al.*, 2006). Se estima que el cambio de uso de la tierra emite $1,6 \pm 1,0$ Gt ($1 \text{ Gt} = 1 \times 10^9 \text{ t}$) de carbono al año y que la combustión de fósiles emite $5,5 \pm 0,5$ Gt de carbono al año (Lal & Kimbl, 1998). Esta situación se ha agravado en los últimos cien años, por lo que la comunidad científica ha concentrado gran parte de sus esfuerzos de investigación en esta área (Ibrahim *et al.*, 2006).

Actualmente la deforestación y la degradación forestal son factores importantes para el cambio climático global, puesto que producen emisiones netas de dióxido de carbono. Sin embargo, se ha estimado que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en todo el mundo, los bosques podrían resultar un reservorio neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo reducir de 20 a 50% las emisiones netas de dióxido de carbono a la atmósfera (IPCC, 1995).

Los ecosistemas boscosos además de proporcionar servicios de provisión, soporte y regulación como el mantenimiento del ciclo hidrológico, la producción de madera y productos derivados del bosque, entre otros, desempeñan una importante función como reservorio de C (Gasparri *et al.*, 2004). Los bosques son sistemas complejos que pueden contribuir a la mitigación del cambio climático pues almacenan carbono en la vegetación y en el suelo e intercambian carbono con la atmósfera a través del proceso fotosintético y la respiración (Caims *et al.*, 1997 & Gasparri *et al.*, 2004).

Los bosques del mundo almacenan una cantidad enorme de carbono superior a todo el carbono presente en la atmosfera (FAO, 2011), de acuerdo al cuarto informe de

Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) estimaron que los ecosistemas forestales a nivel mundial capturan 638 Gt de carbono, de los cuales 283 Gt de carbono corresponde a la biomasa vegetal, 38 Gt de carbono corresponden a la madera muerta y 317 Gt de carbono al suelo hasta una profundidad de 30 cm.

Un gran número de estudios han reportado el gran potencial que poseen los bosques y los ecosistemas agrícolas para almacenar carbono (Masera *et al.* 2000). De allí se tiene que, los ecosistemas forestales almacenan más del 80% de todo el carbono existente por encima de la superficie de la tierra y más del 70% del carbono orgánico en el sustrato (Isaza & Campos, 2007).

Uno de los ecosistemas menos estudiados en los trópicos en cuanto a sus reservorios y flujos de carbono son los bosques montanos andinos, los cuales representan el 0,26% de la superficie terrestre (Bubb *et al.* 2004) y 0,07 % del total del territorio nacional. (MI NAM, 2015). La participación de estos ecosistemas dentro del ciclo global del carbono es relevante debido a su creciente deterioro, el cual implica la emisión de cantidades importantes de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Para entender la magnitud de este fenómeno es necesario cuantificar los almacenes de carbono terrestre en estos sistemas de la manera más precisa y completa posible, partiendo del conocimiento de su historia y de la gama de sus interacciones bióticas y abióticas (Álvarez *et al.*, 2013).

Los ecosistemas de montaña han adquirido importancia mundial, ya que son considerados uno de los ecosistemas más eficientes como reservorios de carbono, pues toman el CO₂ atmosférico y lo transfieren a sus profundos suelos en forma de materia orgánica de muy lenta descomposición (Torres, 2008).

Los bosques de neblina del norte peruano, entre ellos el bosque nublado de Samanga, brinda diversos servicios ambientales muy significativos para la Región Piura, entre los cuales se puede destacar, el ser considerados retenedores de carbono atmosférico el cual acumulan como parte de la materia orgánica en sus suelos (NCI-Perú, 2012).

En el caso de los bosques montanos de niebla, la amplia heterogeneidad ambiental a la que están sujetos determina cambios importantes sobre su composición estructural y florística, que pudieran incidir sobre los contenidos de carbono almacenado en sus

diferentes componentes (Álvarez *et al.*, 2013). Se estima que los bosques montanos contienen 40–80 t C ha⁻¹ en biomasa aérea y 130–240 t C ha⁻¹ en suelo (Calderón *et al.*, 2013). Estos bosques tienen la capacidad para almacenar cantidades altas de carbono en la biomasa y en el suelo mineral, comparados con otros ecosistemas forestales (Kitayama & Aiba, 2002).

La fotosíntesis de las plantas, la respiración y la descomposición del carbono orgánico del suelo, están involucrados en el ciclo de carbono en los ecosistemas terrestres. Por lo tanto, la vegetación y el suelo poseen un papel importante en el ciclo global del carbono y las variaciones de CO₂ atmosférico. En consecuencia, los cambios en el tamaño de la vegetación y en los reservorios de carbono en el suelo, pueden afectar significativamente el CO₂ atmosférico (Cao & Woodward, 1998).

La biomasa aérea como peso seco representa alrededor del 50% de carbono, la biomasa de plantas leñosas se centra principalmente en los bosques ya que éstos sostienen alrededor del 70-90% de la biomasa aérea y subterránea terrestre (Cairns *et al.*, 1997).

Los suelos contienen más carbono que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera (Swift, 2001). El carbono en los suelos puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica (Jackson, 1964). La cantidad total de carbono orgánico almacenada en los suelos ha sido estimada por diversos métodos (Post *et al.*, 1982 & Swift, 2001) y su valor es cercano a 1,500Pg (petagramo) a 1 metro de profundidad (Schlesinger, 1990; Gifford, 1994; Swift, 2001 & FAO, 2001).

Las bajas temperaturas de los ecosistemas montanos hacen que tenga reducidas tasas de mineralización y reciclaje de nutrientes, lo cual favorece una lenta pero continua absorción neta de CO₂ atmosférico que es acumulado como parte de la materia orgánica en sus suelos (García, 2003).

Se estima que el 80% del carbono que la vegetación y suelos intercambian con la atmósfera corresponde a los bosques. Al incorporarse el carbono en el crecimiento de los árboles, actúan como reservorios (2,30 Gt C año⁻¹ en términos muy amplios) y juegan un papel importante en el balance de carbono, contribuyendo a reducir el contenido en la atmósfera del CO₂ procedente de las emisiones antropogénicas (Pardos,

2010). Pero a su vez los bosques pueden ser, también, fuentes de carbono cuando sufren perturbaciones, por ejemplo muerte y corta de árboles, daños por agentes bióticos o abióticos, tales como plagas y enfermedades, incendios, tormentas, aludes y otros daños (Pregitzer & Euskirchen, 2004).

Investigaciones recientes sugieren que la calidad del manejo forestal puede hacer una contribución significativa en controlar los niveles de CO₂ en la atmósfera; actividades de uso de la tierra que pueden contribuir a este fin son: la conservación de bosque en peligro de deforestación, rehabilitación de bosques, forestación y reforestación (Dávila, 2011).

Se han llevado a cabo investigaciones, que buscan conocer las existencias de carbono en los bosques de la Región Piura como los realizados por Labán (2012) en el bosque seco de la UDEP, y los realizados por AIDER (2015) en el bosque seco del ACR Salitral-Huarmaca. Estos estudios no representa la totalidad de los ecosistemas presentes en la Región, lo cual amerita que nuevas áreas sean incluidas y evaluadas, como los ecosistemas alto andinos, los cuales a pesar de la importancia global que representan por su enorme potencial para el secuestro de carbono y por albergar una biodiversidad excepcionalmente singular, presenta vacíos de conocimiento elementales que limitan la posibilidad de evaluar el grado de sensibilidad de estos ambientes a los cambios de uso de la tierra y el calentamiento global, en particular sobre la dinámica del ciclo del carbono. Por tanto, el objetivo de este estudio fue estimar el contenido de carbono en el suelo y en la biomasa arbórea en el bosque de neblina de Samanga.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO:

El presente trabajo de investigación se realizó durante setiembre y diciembre del 2015, en el bosque de neblina de Samanga, denominado localmente como “Bosque de Ramos”, dicho ecosistema está ubicado en los 4°42'91.91" S y 79°27'48" W, dentro del área de conservación privada “Bosques de neblina y páramos de Samanga”, la cual tiene una extensión de 2 888,03 Ha, perteneciente a la Comunidad Campesina de Samanga, en el Distrito de Ayabaca, Provincia de Ayabaca

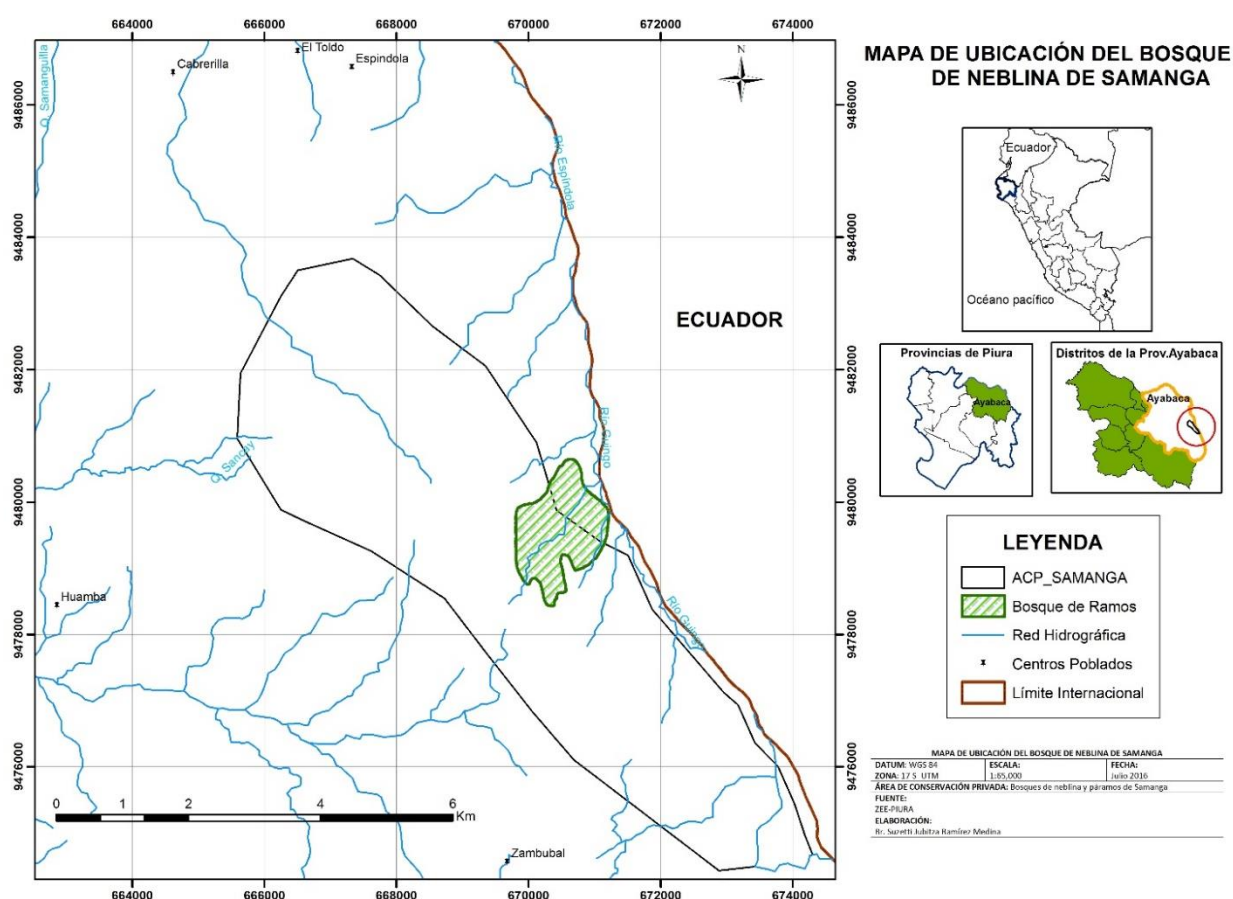


Fig. 1. Ubicación del Bosque de Neblina de Samanga.

El área de estudio, “Bosque de Ramos”, tiene una extensión de 181,71 hectáreas. Presenta un gradiente altitudinal que va de los 2 800 hasta los 3 200 msnm, una humedad relativa alta (85 al 95%), una precipitación anual promedio de 1 800 mm y una temperatura promedio de 14 °C (NCI-Perú, 2014).

2.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:

El bosque neblina de Samanga constituye una muestra representativa de las ecorregiones de Bosques Montanos Occidentales de los Andes del Norte y Bosques Montanos de la Cordillera Real Oriental. Forma parte del corredor biológico transfronterizo, conectándose desde el lado sur del Parque Nacional de Podocarpus y Bosque Angaschola de la Comuna de Coche Corral por parte del Ecuador, con los bosques y páramos de Ayabaca y Pacaipampa hacia el norte del Perú y llegándose a unir por el noreste con el Santuario Nacional Tabaconas Namballe (NCI-Perú, 2012).

Presentan características típicas de los bosques montanos-nublados tropicales o comúnmente llamados “bosques de neblina”, observándose así una frecuente cobertura de nubes al nivel de la vegetación, también se caracteriza por estar expuesto a frecuentes lluvias (NCI-Perú, 2012). En este tipo de bosque se encuentra especies de árboles de 10 a 25 metros de altura, diámetro altura de pecho (DAP) de hasta un metro aproximadamente. En su diversidad florística están presentes: *Podocarpus oleifolius* “romerillo”, *Clusia alata* “tarazo”, *Oreopanax raimondii* “tumamaque”, *Myrcianthes* sp. “lanche”, *Ocotea architectotum* “paltón”, *Hedyosmun scabrum* “hualtaquilo”, *Axinaea* sp. “ganchaguero”, *Gynoxys laurifolia* “sapote”; entre otras. En los troncos y ramas de los árboles hay abundantes especies epifitas como helechos de los géneros *Campyloneurum*, *Polypodium*, bromelias del género *Tillandsia*, Orquídea de los géneros *Masdevallia*, *Oncidium*. También encontramos abundantes hierbas en la mayor parte del bosque y alrededores de la quebrada como *Calceollaria* sp., entre otras (NCI-Perú, 2012).

Estudios realizados por especialistas reportan una importante diversidad de fauna en el bosque estudiado, 109 especies de aves, 24 especies de mamíferos, destacando el *Tremarctos ornatos* “oso de anteojos” por ser especies amenazadas; y 68 especies de insectos representados en los órdenes *Coleoptera* (escarabajos), y *Lepidoptera* (mariposas) (NCI-Perú, 2012).



Fig. 2: Vista Panorámica del Bosque de neblina de Samanga.

2.3. SELECCIÓN DE SITIOS E INSTALACIÓN DE PARCELAS:

2.3.1. Selección de sitios

La selección de sitios se realizó tomando como referencia lo propuesto por Osinaga *et al.* (2014), el cual explica que la finalidad de realizar la selección de sitios en gabinete es para obtener una muestra representativa de la región donde se van establecer las parcelas, a su vez se obtiene información relevante como cobertura, distancia a accesos principales, presencia de zonas urbanas, etc.; y junto con ello permite conocer la accesibilidad al área.

Se trabajó con información espacial del área de estudio utilizando la herramienta ArcGis v9.3. Así mismo se realizó la interpretación de imágenes satelitales RapidEye 2011 con una resolución de 5 m y se trabajaron capas con los accesos principales y secundarios al área.

Para establecer las parcelas se trabajó con el polígono del área (en formato ShapeFile - shp), el cual se cuadrículó, estableciéndose preliminarmente 10 parcelas al azar. Finalmente se cargaron las coordenadas de los puntos elegidos a un dispositivo GPS (modelo etrex 30), para ser verificadas e instaladas en campo. Finalmente se priorizaron 6 parcelas teniendo en cuenta la cobertura vegetal y la accesibilidad al área (Fig.03)

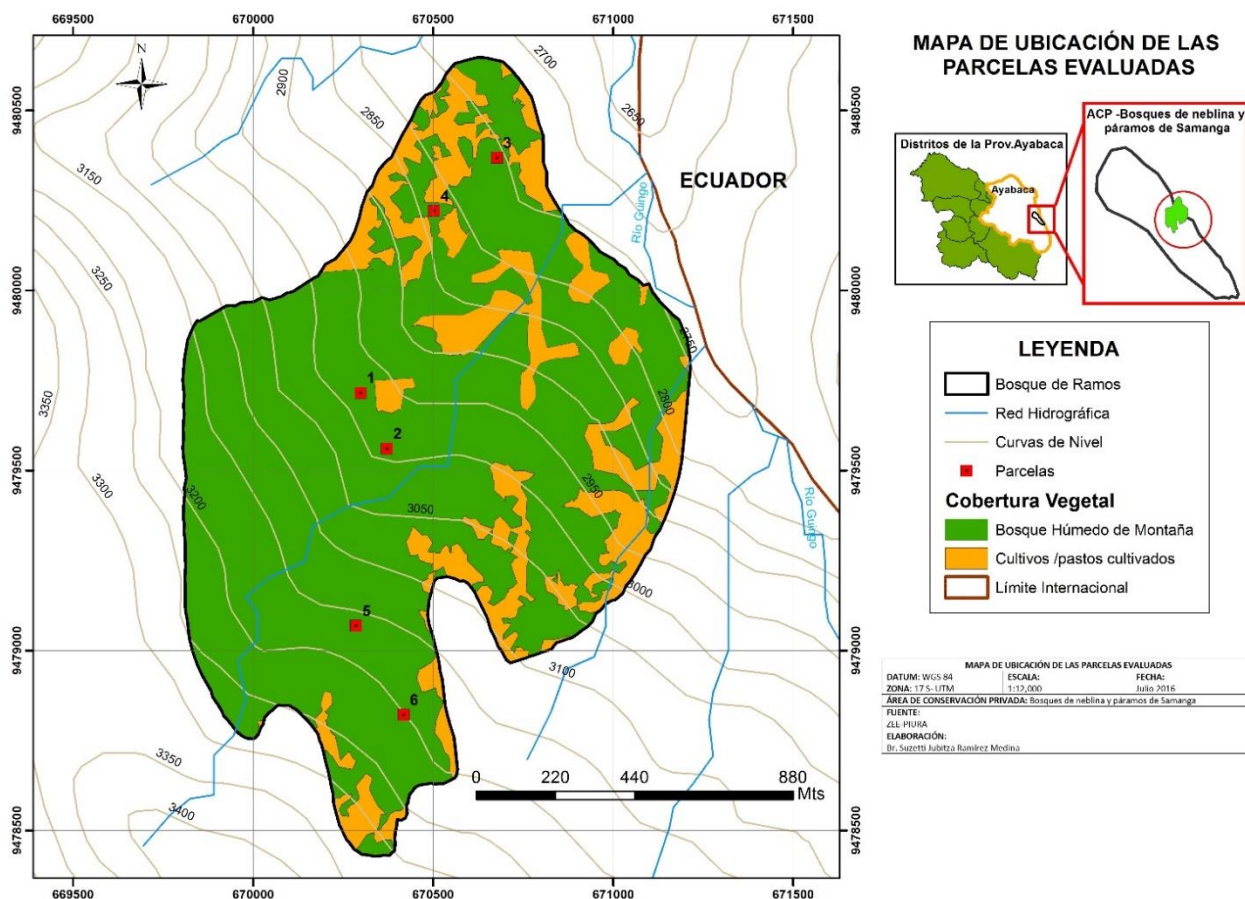


Fig. 3. Mapa de Ubicación de parcelas evaluadas en el Bosque de neblina de Samanga “Bosque de Ramos”

2.3.2. Tamaño y Número de Parcelas

Para parcelas con baja densidad Yepes *et al.* (2011) propone establecerlas con unas áreas que varíe entre 100 m² hasta 1000m². Teniendo en cuenta la alta densidad que presenta el bosque de neblina de Samanga en comparación con otros bosques andinos de Ecuador se decidió establecer parcelas de 60 x 60 metros (0, 36 ha).

Se desarrolló la evaluación preliminar de 3 parcelas, con el fin de obtener información necesaria para calcular el número de parcelas a instalar. Al aplicar la fórmula, propuesta por Pearson (2005) a los datos obtenidos en el muestreo preliminar (Anexo 1 y 2), arrojó que se necesitaban un mínimo de 5 parcelas para obtener datos con un nivel de precisión al 10%. En el presente estudio se establecieron un total de 6 parcelas, a fin de que el error disminuya y los valores obtenidos tengan mayor representatividad.

El número de parcelas a evaluar se obtuvo haciendo uso de la siguiente fórmula (Pearson, 2005).

$$n = \frac{(N * S)^2}{\frac{N^2 * E^2}{t^2} + N * S^2}$$

Dónde:

n= número de parcelas

E=error permitido (promedio de carbono x nivel de precisión seleccionado).

t= muestra estadística de la distribución t para un nivel de 95% de confianza.

N=número de parcelas en el área del estrato (área del estrato dividida por el tamaño de la parcela en ha).

s= desviación estándar.

2.3.3. Instalación de parcelas

Se instalaron 6 parcelas de 60 x 60 metros (0,36 ha) divididas en cuadrantes de 20 x 20 m dentro de un Área de 181,70 ha. Se marcaron dos líneas de base (los dos lados del cuadrado de 90°) las cuales tenían un rumbo preciso y 7 líneas perpendiculares (vértices de parcelas y cuadrantes) de 60 m de longitud (fig. 04).

Para el marcado de la primera línea base, se colocó un poste de medición en la esquina 0,0 y se ató una cuerda de nylon, a partir de ese punto se comenzó a tirar la cuerda hasta los 60 m, esta línea indicaba el perímetro de la parcela. Para esto se contaba con dos personas, la primera que era el “orientador” el cual se mantendría en la esquina 0,0 para dirigir al “medidor” (2da persona encargada de delimitar el perímetro) con ayuda de la brújula siguiendo un rumbo fijo. El “medidor” cada 10 m calculaba la pendiente existente entre la parte superior del poste ubicado en 0,0 y la parte superior del poste ubicado en 10,0 con ayuda de un clinómetro SUNTO (fig. 05) una vez calculada la pendiente el orientador corrigió la medida horizontal del suelo utilizando la información del Anexo 3, procediendo a colocar una estaca de PVC en la esquina 10,0 esto se repitió hasta llegar a la estaca 60,0.

La segunda línea de base ha sido marcada siguiendo rumbo de 90° respecto a la primera línea de base, empezando de la estaca 0,0 y siguiendo los mismos pasos del marcado de la primera línea base.

Todas las estacas pares han sido marcadas con aerosol en la parte superior, lo cual permitió su fácil identificación en campo, estas van a servir para delimitar los

cuadrantes de 20 x 20 m, en ellas se colocaron las coordenadas de los vértices correspondientes a cada cuadrante (0,0; 20,0, etc.).

Toda la información correspondiente a la instalación de las parcelas se registró en plantillas de campo y formatos digitales, en las cuales se incluyen: lugar, número y código de parcela, área, dimensiones, coordenadas en UTM, el rumbo de la brújula de las dos líneas de base, encargado de la instalación, etc. (Anexo 4)

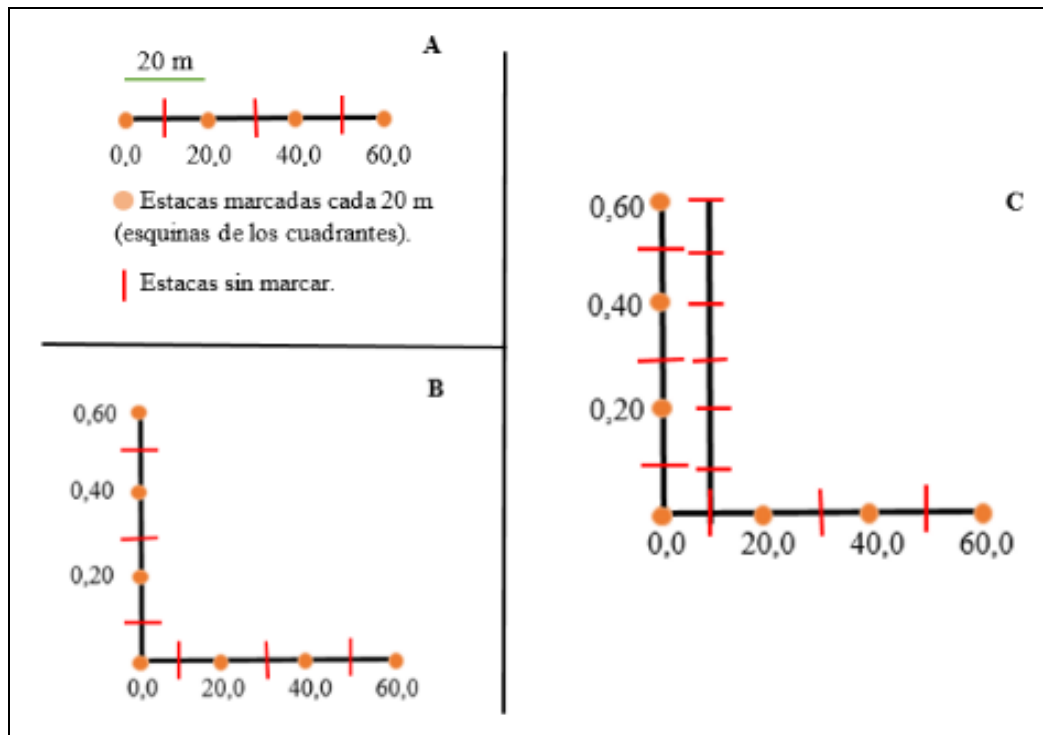


Fig. 4: Marcado de las parcelas en campo (Adaptado de Osinaga *et al.*, 2014).

La parte A) muestra la forma de trazado de la primera línea de base de 60 X 60 m utilizando brújula y clinómetro. Las estacas colocadas cada 20 m deben estar pintadas de color naranja en la parte superior y marcadas, el apartado B) muestra el Trazado de la segunda línea de base, siguiendo la metodología utilizada en A. Finalmente la parte C) muestra el Trazado de la línea (10,0-10,60); asegurándonos que la distancia horizontal entre esta línea y la primera línea de base es de 10 m. El resto de las líneas están dispuestas en la misma forma.

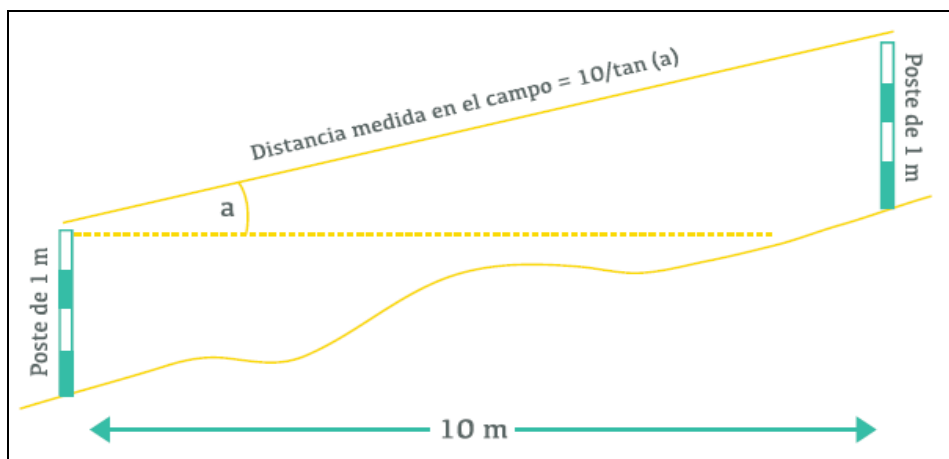


Fig. 5: Medición de distancias en áreas con pendientes (Osinaga *et al.*, 2014).

2. 4. MÉTODO DE MUESTREO

2.4.1. Estimación de biomasa arbórea

Se siguió la metodología modificada de Osinaga *et al.* (2014), que específicamente consiste en la estimación de biomasa arbórea mediante un método indirecto (no destructivo), en el cual se tomaron datos dasométricos de cada individuo.

Para facilitar la medición de individuos se trabajó por cuadrantes de 20 x 20 m siguiendo la trama de la parcela (fig. 06).

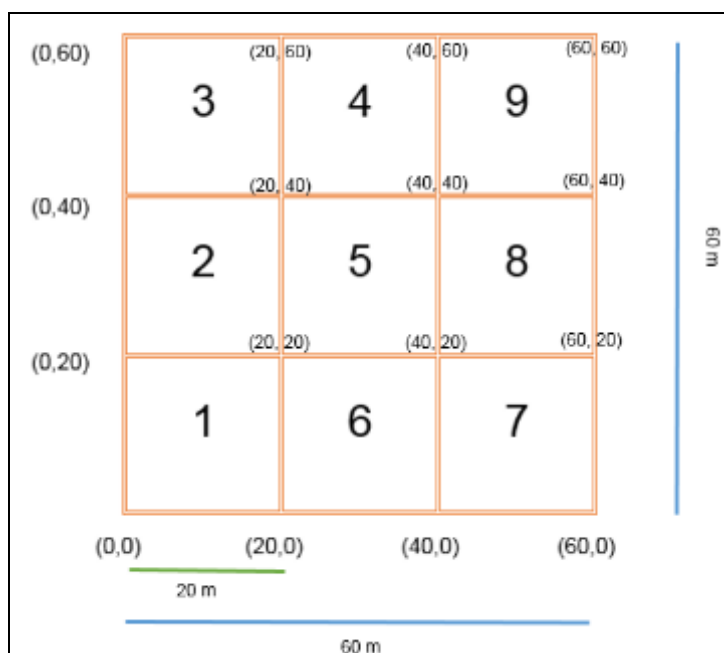


Fig. 6: Diseño de Parcela de 60 x 60 m dividida en cuadrantes de 20 x 20 m.
(Modificado Osinaga *et al.*, 2014).

En cada cuadrante se tomaron los datos de los árboles vivos como N° de parcela, N° de cuadrante, N° de árbol, nombre común, especie, familia, altura total, diámetro, Punto Óptimo de Medición del Diámetro (PMD), código de condición y observaciones. Toda esta información fue ingresada en plantillas de campo tal como se muestran en el Anexo 5 y en formatos digitales. Todos los árboles inventariados fueron marcados en su PMD del diámetro, y fueron etiquetados con placas de aluminio.

2.4.1.1. Medición de alturas

Para el caso de árboles que no se encontraban en pendiente, la medición de las alturas se realizó con un hipsómetro laser Haglöf Vertex el cual con ayuda de un reflector permitió obtener las alturas directamente. Para realizar esta medición se colocó el reflector en el árbol a un 1.30 m del suelo, el evaluador se colocaba a una distancia mínima de 20 m y procedió a tomar la altura total.

En el caso de los árboles con pendientes o inclinados se procedió a tomar la altura de la manera convencional estipulada por la FAO (2004).

2.4.1.2 Medición del diámetro

Se censaron todos los tallos con diámetro ≥ 5 cm. La medición se realizó con una cinta diamétrica en el punto óptimo de medición (PMD) a una altura estándar de 1,30m; tomada desde el punto donde el tallo principal sale del suelo.

Se han presentado ocasiones en las cuales se ha dificultado la medición del diámetro a 1,30 m debido a características particulares que presentaban los individuos, las cuales fueron tomadas en las plantillas de campo con sus respectivos códigos. Ellas requirieron una manera diferente de medición y serán citadas a continuación.

Lianas y apoyantes (L): antes de tomar la medida se procedió a levantar toda liana y apoyante que se encuentre en el árbol, sin romperlo, la cinta fue colocada por debajo de ellos y se tomó el diámetro a 1.30 m.

Árboles con tallo irregulares (I): cuando un tallo era irregular en toda su longitud (acanalado, estriado, corteza desprendible, etc.) su PMD ha sido tomado a 1.30 m como el resto de individuos.

Árboles dañados o deformes (D): cuando presentaban daños o deformaciones a 1,30 m de altura, en cuyo caso se midieron a 10 cm por encima o debajo de la deformidad y se registró la altura del PMD.

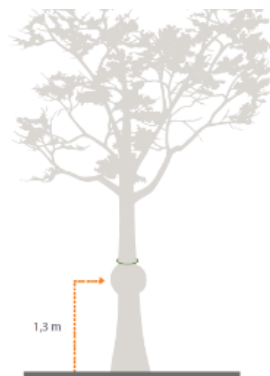


Fig. 7: Medición de diámetro en árboles con deformación (Osinaga *et al.*, 2014)

Árboles multifustales (W): árboles que han presentado dos o más tallos por debajo del 1.30 en los que la unión del tallo ha sido visible. Se ha medido y registrado a 1,30 m por separado todas las ramas ≥ 5 cm. Las ramas fueron marcadas con una letra (A, B, etc.)



Fig. 8: Medición de diámetro en árboles multifustales (Osinaga *et al.*, 2014)

Árboles inclinados (Y): en casos donde se encontró el tallo parcial o totalmente inclinado, se tomó la medida a 1,30 m por el lado más cercano al suelo.



Fig. 9: Medición de diámetro en árboles inclinados (Osinaga *et al.*, 2014)

Árboles en pendientes (P): se midieron a 1,30 metros tomados desde la parte baja de la pendiente de la manera convencional.

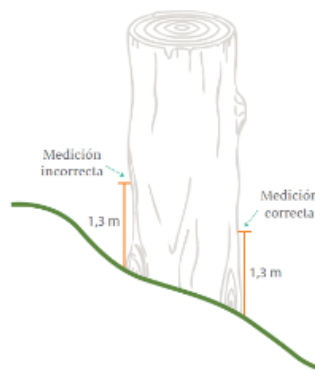


Fig.10: Ubicación correcta del PMD en árboles en pendientes (Osinaga *et al.*, 2014).

2.4.1.3. Marcado y Etiquetado

Una vez que se tomaron todos los datos dasométricos del individuo, se procedió a marcar el PMD con una línea de esmalte sintético en aerosol rojo, de esa manera se garantizó que los futuros monitoreos se lleven a cabo en el mismo lugar, lo que permitirá el seguimiento temporal del incremento diamétrico de los diferentes individuos de la parcela, junto con ello se etiquetó a todos los

individuos con placas de aluminio de 6 x 2,5 cm con un número único por parcela.

En el caso de los árboles multifustales, además de la etiqueta numérica, se le colocaron etiquetas identificadas alfabéticamente, tantas letras según sea el número de ramas, en estos casos el orden alfabético es en concordancia con el grosor de las ramas, rama más gruesa=A, segunda rama gruesa=B, etc.

2.4.1.4. Determinación taxonómica

La determinación de especies se realizó en dos momentos: 1) al realizar los levantamientos dasométricos, con la colaboración de una persona local para obtener nombres comunes; y, 2) con el apoyo de un taxónomo.

El reconocimiento se hizo a individuo por individuo y se colectó muestras botánicas de todos los individuos. Posteriormente se realizó la determinación definitiva en el Herbario Reinaldo Espinoza de la Universidad Nacional de Loja-Ecuador, en donde se conservaban las muestras.

2.4.2. Estimación de carbono orgánico en suelo

Previo a obtener las muestras de suelo, se realizaron 3 calicatas de 1x1x1 m, ubicadas fuera de las 6 parcelas pero que representen los horizontes del suelo dentro de ellas, con estas calicatas se logró:

- Identificar los diferentes horizontes de suelo y determinar la profundidad de cada muestreo.
- Se obtuvo la densidad aparente de cada horizonte.

En primera instancia se realizó una observación minuciosa de los cambios de tonalidades en el suelo, ya que es la característica principal para ver los cambios de horizonte. Posterior a ellos se obtuvo la profundidad de los horizontes, tomando varias mediciones en cada una de las paredes de los horizontes existentes, en total se tomaron 12 mediciones en el horizonte 1 y 2 para cada una de las calicatas, de estas mediciones se obtuvo un promedio, que llegaba a hacer la profundidad a la que se tomó las muestras de suelo dentro de las parcelas (18 y 36 cm).

Para calcular la densidad aparente del suelo, se obtuvieron 25 muestras entre el primer y segundo horizonte de las calicatas, con ayuda de tubos de PVC de 2 pulgadas de diámetro y 10 cm de largo, de volumen conocido ($202,68\text{cm}^3$) estas muestras fueron llevadas al laboratorio suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Agraria La Molina, para realizarle análisis de peso seco el cual nos permitió obtener la densidad del suelo, este cálculo se realizó con la siguiente formula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde

ρ =densidad del suelo medida en g/cm^3

m= peso seco

v=volumen de la muestra.

De todas las 25 muestras solo se seleccionaron seis, a las cuales se les realizo un análisis de caracterización del suelo con ello se conoció las cantidades de macro y micro nutrientes que presentaban, en anexos 6 y 7 se muestra un compilado de los análisis que se les realizaron

Posterior al estudio de las calicatas, dentro de cada parcela se tuvieron identificados 3 subcuadrantes de 50 x 50 cm (fig 11), en ellos se sacaron muestras de suelo a 18 y 36 cm de profundidad. Finalmente se sacaron 36 muestras de suelo del primer horizonte entre las 6 parcelas. Estas muestras se extrajeron con ayuda de un barreno, el suelo se empaco en bolsas ziploc, se rotularon y se mantuvieron refrigeradas hasta el momento del análisis en laboratorio del porcentaje de carbono orgánico y peso seco del suelo, en el anexo 8 se muestra el consolidado del análisis de las muestras. Todos los datos tomados en campo fueron plasmados en plantillas de campo (Anexo 9) y en formatos digitales.

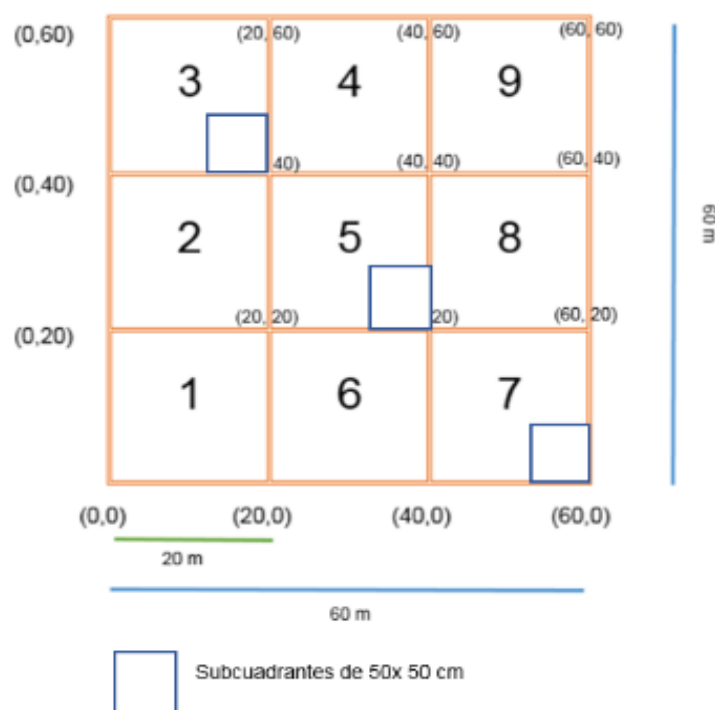


Fig.11. Diseño de muestreo (modificado Osinaga *et al.* 2014).

2.5. PROCESAMIENTO DE DATOS

2.5.1. Biomasa arbórea

Se calculó la biomasa arbórea, a través de 4 ecuaciones alométricas las cuales han sido reportadas en la literatura científica (Calderón *et al.*, 2013 & Chave, 2005) y han sido trabajadas en el mismo tipo de bosque en otras localidades.

Tabla 1: Ecuaciones alométricas empleadas en el cálculo de Biomasa arbórea.

#	ECUACIÓN	UNID. MED.	AUTOR	CONSTANTES	
				a	b
1	$B = \alpha \cdot D^b$	g	Calderón <i>et al.</i> , 2013	41,225	2,56
2	$B = \alpha \cdot H \cdot D^b$	g	Calderón <i>et al.</i> , 2013	0,194	2,126
3	$B = \alpha \cdot p \cdot D^b$	g	Calderón <i>et al.</i> , 2013	48,018	2,695
4	$B = \alpha \cdot p D^2 H$	kg	Chave, 2005	0,0509	

Donde:

B=biomasa (g)

D=diámetro (cm)

H=altura total (m)

ρ = densidad de la madera (g/cm³)

a, b=constantes.

La densidad de la madera de las diferentes especies se obtuvo de la FAO Global Wood density database (Zanne *et al.*,2009). Se otorgó un valor de la densidad de madera a cada individuo según su especie. Para los individuos de cuyas especies no se poseía valor de ρ especie-específico de la FAO, se utilizó el promedio del valor de ρ por género o el valor promedio ρ por familia. Para los individuos cuyos valores de ρ por especie, género o familia no se encontraron o no estaban establecidos, se utilizó el valor de 0,58986241 g cm⁻³ que fue el valor promedio ponderado calculado en base al valor ρ de todas las especies presentes en este estudio.

Una vez obtenido el contenido de biomasa en toneladas, se procedió a multiplicarlo por el 0,5, esto debido a que el contenido de carbono en biomasa es alrededor del 50%. (Osinaga *et al.*,2014).

2.5.2. Carbono orgánico del Suelo

El contenido de carbono orgánico se obtuvo a partir de la siguiente ecuación.

$$\text{Contenido C} \left(\frac{\text{ton C}}{\text{ha}} \right) = (\rho * h * C)$$

Dónde:

ρ =densidad del suelo medida en g/cm³

h =profundidad a la cual se tomó la muestra (cm)

C =porcentaje en peso de carbono orgánico en el suelo

III. RESULTADOS

3.1. ESTIMACIÓN DE CARBONO EN LA BIOMASA ARBÓREA

Para estimar el contenido de carbono en la biomasa arbórea, se utilizaron los datos de diámetro y altura de los 4 583 individuos contabilizados.

Los análisis de los datos de campo arrojaron 10 clases diamétricas, en donde el 69,95% de los individuos se encuentran en la primera clase diamétrica con un DAP ≥ 5 y < 15 . Se puede apreciar una limitada presencia de individuos de clases diamétrica mayores a 55 cm (Tabla 2).

El área basal promedio registrada fue de 52, 76 m²/ha.

La altura mínima registrada fue 1,00 metro y la máxima 22,00 metros, con un promedio de 7,40 metros.

Tabla 2: Número de individuos por clases diamétricas.

Parcela	CLASES DIAMÉTRICAS									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	5-14,9	15-24,9	25-34,9	35-44,9	45-54,9	55-64,9	65-74,9	75-84,9	85-94,9	≥ 95
Pr1	502	150	60	16	3	0	0	0	1	0
Pr2	589	103	53	31	12	5	1	1	0	0
Pr3	466	159	65	25	7	1	2	1	0	0
Pr4	411	126	41	11	8	6	0	1	1	1
Pr5	606	135	41	13	10	10	7	6	0	3
Pr6	632	164	48	24	15	6	2	1	1	0
%	69,95	18,26	6,72	2,62	1,20	0,61	0,26	0,22	0,07	0,09

La distribución de individuos por clase diamétrica se muestra en la figura 12.

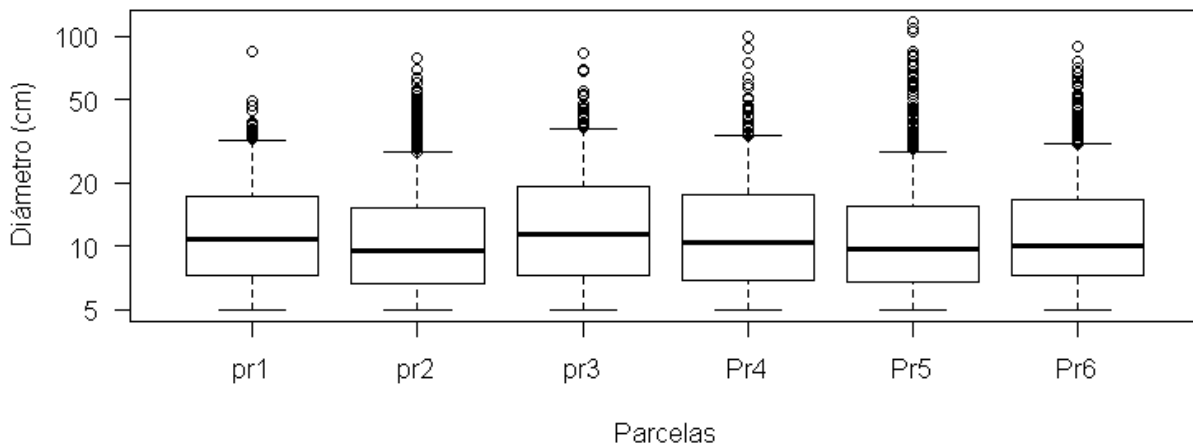


Fig.12: Diámetros por parcela.

La distribución de los individuos por clase diamétrica nos reflejó que la mayoría de los individuos registrados se agrupan en clases diamétricas inferiores (rango de 5 a 15 cm), lo cual va influir directamente en los contenidos de carbono en la biomasa arbórea.

3.1.1. Contenido de Biomasa y Carbono

En la tabla 3 se muestra la biomasa arbórea por parcela, mientras que la tabla 4 y figura 13 se muestra los contenidos de carbono.

Tabla 3: Biomasa arbórea (Tn/ha) calculado con cuatro ecuaciones alométricas

	Pr1	Pr2	Pr3	Pr4	Pr5	Pr6
E1	131,41	181,78	176,64	160,92	312,76	215,46
E2	129,87	220,11	180,92	175,94	326,37	206,27
E3	136,99	208,48	171,18	181,48	362,07	239,62
E4	131,57	226,37	162,67	172,41	310,31	208,06
Mean	132,46	209,19	172,85	172,69	327,88	217,35
SD	($\pm 3,11$)	($\pm 19,71$)	($\pm 7,87$)	($\pm 8,69$)	($\pm 23,86$)	($\pm 15,37$)

Pr: Parcela, E: ecuación, Mean: promedio, SD: desviación estándar.

Tabla 4: Contenido de carbono (Tn/ha) calculado con cuatro ecuaciones alométricas

	Pr1	Pr2	Pr3	Pr4	Pr5	Pr6
E1	65,71	90,89	88,32	80,46	156,38	107,73
E2	64,94	110,05	90,46	87,97	163,19	103,13
E3	68,49	104,24	85,59	90,74	181,03	90,52
E4	65,79	113,19	81,34	86,20	155,15	77,58
Mean	66,23	104,59	86,43	86,34	163,94	108,67
SD	($\pm 1,56$)	($\pm 9,86$)	($\pm 3,94$)	($\pm 4,34$)	($\pm 11,93$)	($\pm 7,68$)

Pr: Parcela, E: ecuación, Mean: promedio, SD: desviación estándar.

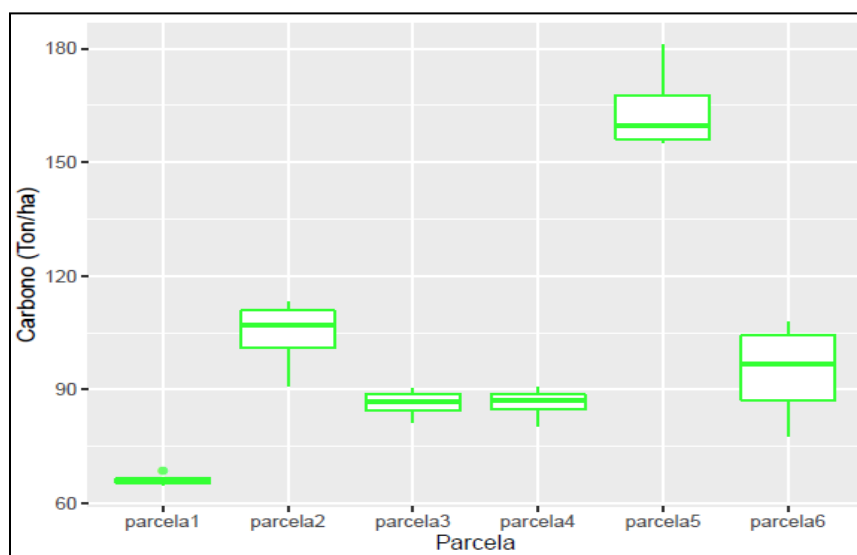


Fig.13: Contenido de Carbono en Biomasa arbórea en las seis parcelas evaluadas.

En la figura 13 y Tabla 5 se aprecia los contenidos de carbono por parcela, siendo la parcela 5 la que presenta el mayor contenido de carbono con 163,94 Tn/ha.

Para dar el contenido promedio de carbono y con la finalidad de no subestimar o sobrestimar los contenidos de carbono, se tomó el promedio de todas las ecuaciones trabajadas por parcela, como se muestra en el Tabla 5. Por lo que al final se obtuvo un valor promedio de 102,70 Tn ha⁻¹ con una desviación estándar de 33,62.

Tabla 5: Contenido de Carbono promedio (Tn/ ha) en las seis parcelas.

Parcelas	Carbono
Pr1	66,23
Pr2	104,59
Pr3	86,43
Pr4	86,34
Pr5	163,94
Pr6	108,67
Mean	102,70
SD	(± 33,62)

3.2. ESTIMACIÓN DE CARBONO EN EL SUELO.

Se identificaron 2 horizontes de suelo en las calicatas 1 y 2, mientras que en la calicata 3 se distinguieron 3 horizontes. (Figura 14 y 15).



Fig. 14: Calicata de 1x 1 x 1 m

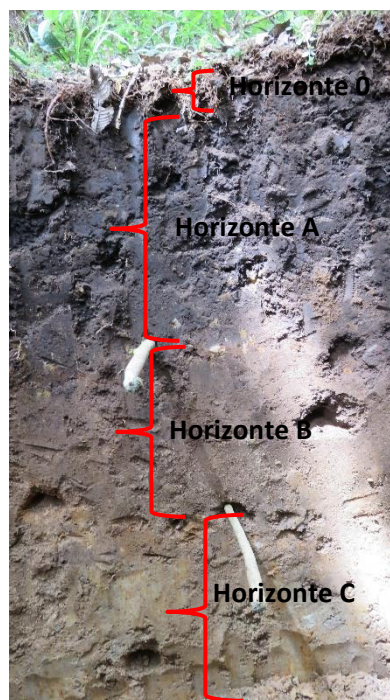


Fig. 15: Horizontes de suelo encontrados.

La densidad aparente del suelo de cada una de las calicatas se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Densidad aparente encontradas en las calicatas.

Calicatas	Densidad aparente
CAO 1	0,71689363
CAO 2	0,90941385
CAO 3	0,85450587

En la tabla 7 se aprecia el contenido de carbono promedio en el suelo a diferentes profundidades en cada parcela.

Tabla 7: Contenido de Carbono en suelo a diferente profundidad.

Contenido de Carbono en Suelo		
Parcela	Profundidad (cm)	Carbono (Tn/ha)
Pr1	18	275,75 (\pm 35,68)
	36	189,20 (\pm 35,11)
Pr2	18	177,94 (\pm 42,81)
	36	143,36 (\pm 28,70)
Pr3	18	288,05 (\pm 57,48)
	36	185,36 (\pm 41,50)
Pr4	18	347,52 (\pm 72,80)
	36	256,78 (\pm 56,22)
Pr5	18	187,91 (\pm 44,17)
	36	154,68 (\pm 41,02)
Pr6	18	94,80 (\pm 48,48)
	36	81,31 (\pm 26,31)

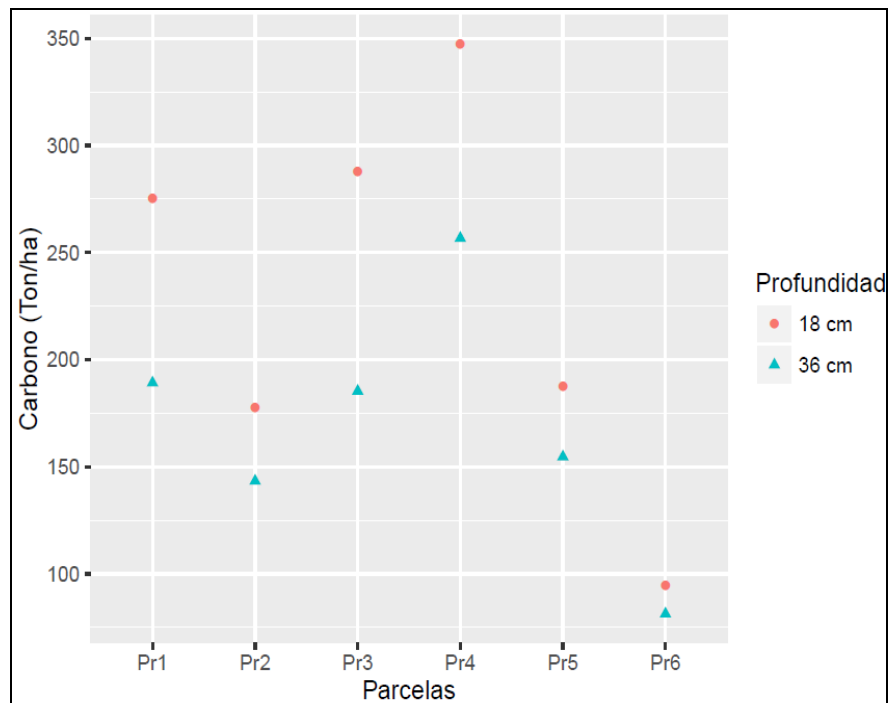


Fig.16: Contenido de carbono a diferentes profundidades por parcela

En la figura 16, se puede apreciar que la mayor cantidad de carbono se obtuvo en los primeros 18 cm de profundidad, en donde la materia orgánica es abundante, como se aprecia en la fotografía 15.

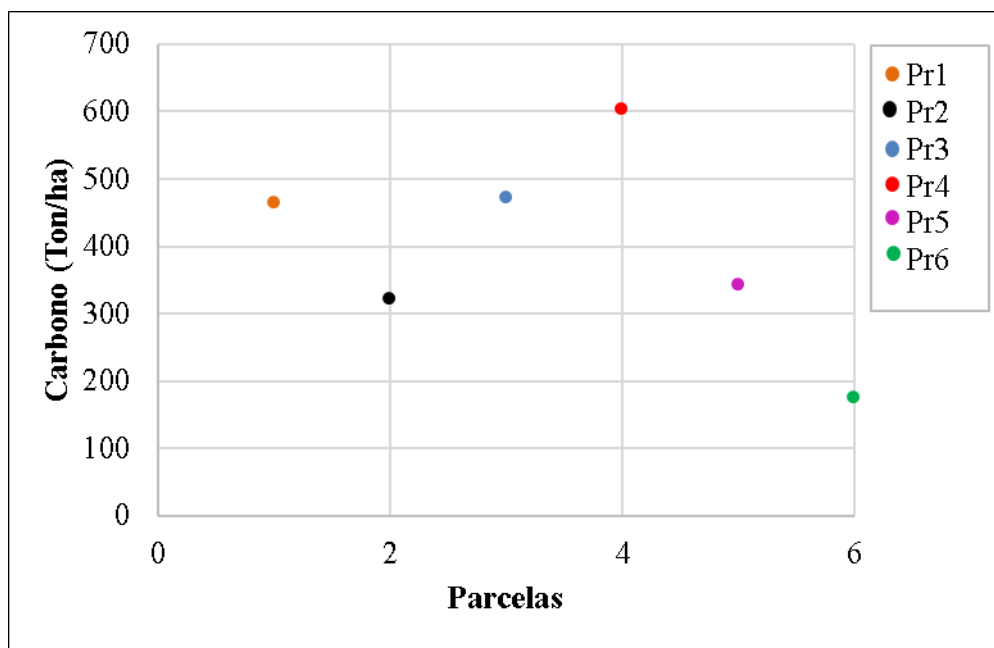


Fig.17: Contenido de carbono en suelo por parcela.

En la figura 17 y tabla 8 se puede observar que la parcela con mayor cantidad de carbono en suelo es la parcela 4, ubicada a 2840 msnm, situada en la parte más baja del bosque junto con la parcela 3.

Tabla 8: Contenido de carbono (Tn/ha) por parcela.

Parcelas	Carbono en suelo
Pr1	464,94
Pr2	321,30
Pr3	473,40
Pr4	604,31
Pr5	342,59
Pr6	176,11
Promedio	397,11 (\pm 148,94)

Finalmente se obtuvo un valor promedio de 399,71 Tn ha⁻¹ de carbono en suelo con una desviación estándar de 148,94.

3.3. CONTENIDO DE CARBONO EN BIOMASA ARBÓREA Y SUELO

En la tabla 9 se muestra las cantidades de carbono almacenado en cada reservorio para las seis parcelas dentro del Bosque de Samanga.

Tabla 9: Contenido y porcentaje de carbono por compartimiento en cada parcela

Parcelas	Contenido de Carbono				
	Biomasa arbórea	%	Suelo	%	Total
Pr1	66,23	12,47	464,94	87,53	531,17
Pr2	104,59	24,56	321,30	75,44	425,89
Pr3	86,43	15,44	473,40	84,56	559,83
Pr4	86,34	12,50	604,31	87,50	690,65
Pr5	163,94	32,37	342,59	67,63	506,53
Pr6	108,67	38,19	176,11	61,84	284,78
PROMEDIO	102,70 (\pm 33,62)	20,55	397,11 (\pm 148,94)	79,45	499,81 (\pm 136,20)

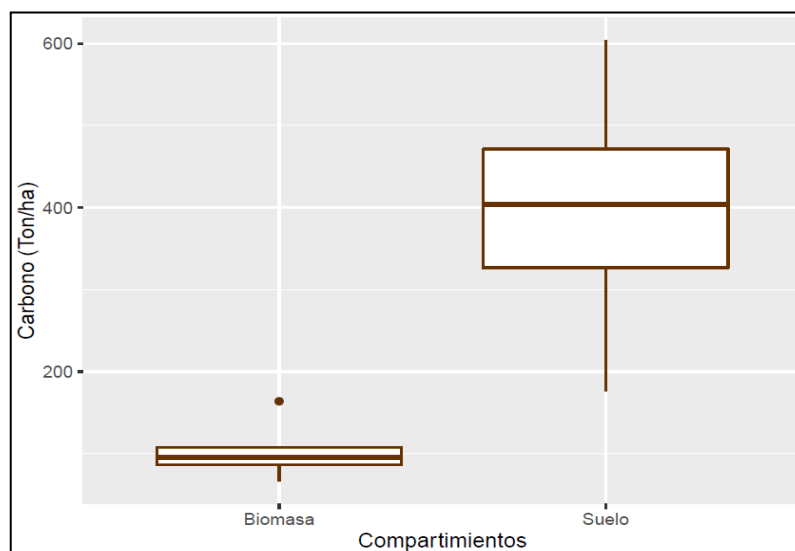


Fig. 18: Contenido de carbono en los dos reservorios evaluados.

En la figura 18 se puede apreciar que, de los dos reservorios evaluados, el suelo es el que tiene la mayor cantidad de carbono almacenado en las seis parcelas en el Bosque de neblina de Samanga, con el 79,45 % ($397,11 \text{ Tn ha}^{-1}$) del carbono total almacenado.

La biomasa arbórea aun con un número elevado de individuos aporta el 20,55 % ($102,70 \text{ Tn ha}^{-1}$) de carbono.

3.4. CONTENIDO DE CARBONO A NIVEL DE PAISAJE

Se estima que en las 181,71 ha del bosque de Samanga, existe aproximadamente $8639,64 \text{ Tn ha}^{-1}$ de carbono en la biomasa arbórea, y $33406,88 \text{ Tn ha}^{-1}$ de carbono en el suelo.

IV. DISCUSIÓN

La biomasa encontrada, en los bosques de Córdova - Colombia, es el resultado de la variabilidad conjunta de parámetros como el área basal, altura y la densidad de la madera. Estos bosques presentan la mayoría de sus individuos agrupados en clases diamétricas altas (>50 cm), obteniendo altos valores de área basal y por ende los mayores valores de biomasa y de carbono Vásquez *et al.* (2012). La alta variabilidad estructural encontrada en el trabajo realizado en Córdova, se asemeja con la evaluación descrita por Sierra *et al.* (2007) en la región de Porce- Colombia; el autor resalta la relación directa entre al área basal, clases diamétricas, actividades antropogénicas con respecto al contenido de carbono. La distribución de las clases diamétricas en el bosque de neblina de Samanga, nos refleja la presencia de individuos con diámetros inferiores a 25 cm, estos diámetros guardan estrecha relación con el contenido de área basal y biomasa presente en el bosque de neblina de Samanga, lo cual afecta directamente los contenidos de carbono en la biomasa arbórea.

Álvarez *et al.* (2013) en su evaluación realizada en el bosque de neblina de Oaxaca-México, denoto un patrón complejo en el contenido de biomasa arbórea con respecto a la altitud. En las comunidades vegetales situadas a 2500 msnm, el 70% de sus individuos presentan diámetros mayores a 70 cm en tanto el valor de su biomasa representan casi el doble que el de los sitios más bajos (1950 – 2400 msnm) los cuales solo presentan individuos con diámetros mayores a 70 cm entre 9 y 33%. Estas diferencias se relacionan con las actividades extractivas, la estructura y composición florística de las comunidades vegetales. Estudios de Vásquez *et al.* (2012) realizados en los bosques de Córdova - Colombia; evidencian que la estructura, la composición florística y el grado de disturbio presente en estos bosques, está relacionado con la cantidad de biomasa almacenada en la vegetación y con el contenido de carbono. La biomasa arbórea registrada en el bosque de neblina de Samanga tiende a disminuir conforme la altitud decrece, de este modo se tiene que, en las parcelas ubicadas en la parte alta, el valor de biomasa es mayor al encontrado en las zonas medias y bajas. Esta disminución de biomasa y por consecuencia de contenido de carbono que se ve reflejada en el bosque se debe a que la mayoría de individuos en las zonas medias y bajas, se encontraron agrupados en diámetros inferiores a los 25 cm, lo cual tiene una estrecha relación con el grado de intervención del bosque debido a las actividades de extracción selectiva a la que se vio sometido hace 10 años atrás.

Brown & Lugo (1982) y Clark & Clark (1996), indican que la presencia de árboles con DAP >70 cm en bosques tropicales y subtropicales incrementan considerablemente los contenidos de biomasa y en consecuencia los contenidos de carbono para estos bosques. En el bosque de Samanga se pudo registrar dentro de la parcela 5 una mayor densidad de árboles, y el DAP alcanza valores altos (> 95cm) con respecto a las demás parcelas que solo han presentado diámetros de hasta 55 cm, de esta manera podemos concluir que los arboles con mayores diámetros concentran la mayor cantidad de biomasa y de carbono. Corroborando lo expuesto por el autor los bosques que presenten individuos con DAP altos, van a presentar mayor contenido de biomasa y carbono.

Álvarez *et al.* (2013) indica que los almacenes de carbono en la fracción mineral del suelo en el Bosque de Oaxaca, se mantuvieron constantes entre 1500 a 2000 msnm (220 Megagramo (Mg) C ha⁻¹), pero desde 2400 msnm declinaron (158 Mg C ha⁻¹) hasta los 2500 msnm. Esta variación se entiende debido a que el espesor de la capa orgánica superficial se mantuvo casi constante hasta 2400 msnm, pero disminuyó drásticamente a partir de 2500 msnm. Para el caso del bosque de Samanga el contenido de carbono en suelo fue mayor en la parcela 3 y 4 (473,40 Tn ha⁻¹ y 604,31 Tn ha⁻¹) ubicadas entre los 2800 a 2900 msnm, son las parcelas 5 y 6 ubicadas en la parte más alta entre los 3000-3200msnm las que se presentaron una disminución en el contenido de carbono (342,59 Tn ha⁻¹ y 176,11 Tn ha⁻¹). Podemos corroborar que la capa orgánica superficial que presenta el bosque ha disminuido conforme aumenta la altitud y por lo tanto acumula menor contenido de carbono.

Álvarez *et al.* (2013) menciona que el contenido de carbono en el suelo tiende a registrar valores altos debido a la persistencia de una capa orgánica superficial, y esta condición permite inferir la prevalencia de tasas de mineralización menores y la preservación de materia orgánica poco descompuesta. Del mismo modo Ponce (2009) concluye para su investigación realizada en la cordillera del Cóndor-Ecuador que la mayor cantidad de carbono almacenado en los suelos posiblemente se deba a la existencia de abundante materia orgánica, que está en constante proceso de descomposición. El contenido de carbono (464,94 y 321,30 Tn ha⁻¹) en la zona media del bosque de neblina de Samanga guarda relación con la profundidad de la capa orgánica superficial de aproximadamente 75 cm que se observó en la calicata realizada en dicha zona, a diferencia de la capa de materia orgánica presente en la zona alta del

bosque (3200 msnm) cuya profundidad llegaba a los 45 cm, lo cual refleja el menor contenido de carbono encontrado en las parcelas de la parte alta.

García (2003) reporta que las bajas temperaturas de los ecosistemas montanos hacen que tenga reducidas tasas de mineralización y reciclaje de nutrientes, lo cual favorece una lenta pero continua absorción neta de CO₂ atmosférico que es acumulado como parte de la materia orgánica en sus suelos. Corbella & Fernández (2000) menciona que los suelos húmedos, tienden a acumular grandes cantidades de materia orgánica parcialmente descompuesta. En los suelos cálidos, la mineralización es acelerada, por lo que la liberación de nutrientes es rápida pero la acumulación residual de materia orgánica es menor que en los suelos con bajas temperaturas. El bosque de Samanga presenta una temperatura de suelo media anual de 12°C y ha reportado 397,11 Tn ha⁻¹ de carbono en suelo, haciendo una comparación con dos bosques montanos: el bosque de la microcuenca el Carmen con 16°C de temperatura media anual reporta 180,30 Tn ha⁻¹ de carbono en suelo y el bosque de Oaxaca con una temperatura media anual de 17°C muestra contenidos de carbono de 158,2 Tn ha⁻¹. Por lo tanto, a medida que nos trasladamos desde los climas más cálidos hacia los más fríos, el contenido de materia orgánica en suelos tiende a aumentar.

Álvarez *et al.* (2013) en su estudio concluye que el almacén de carbono en la fracción mineral se reduce debido a: 1) La disminución en el espesor de la capa orgánica superficial y 2) La menor capacidad de este componente para formar complejos estables con la materia orgánica del suelo debido a la reducida proporción de arcillas dentro del complejo edáfico. A su vez Corbella & Fernández. (2000) manifiesta que los suelos con alto contenido de arcilla y limo tienen mayor materia orgánica. Es importante mencionar que, en el análisis de caracterización de suelo del Bosque de Neblina de Samanga, las parcelas 3 y 4 muestran una proporción de arcilla alta (15 a 19%) con relación a las parcelas 1 y 2 (7 a 9%), lo cual estaría influyendo en los contenidos de carbono reportados.

Medina *et al.* (1999) mencionan que el suelo con altas temperaturas casi no contiene materia orgánica, debido a que la descomposición de la hojarasca es tan rápida que los restos vegetales son en la mayoría de los casos totalmente oxidados antes de ser incorporados en el suelo. Por esto, el suelo orgánico no es más profundo que 10 cm. Del mismo modo Corbella & Fernández (2010) menciona que, en suelos cálidos, la

descomposición es acelerada, por lo que la liberación de nutrientes es rápida pero la acumulación residual de materia orgánica es menor que en los suelos con bajas temperaturas. El bosque de Samanga presenta suelos típicamente muy negros y húmedos, debido al clima frío y la alta humedad que presenta, la descomposición de materia orgánica es muy lenta, generando una capa superficial de materia orgánica de 75 cm de profundidad, por ende, el contenido de carbono orgánico ($397,11 \text{ Tn ha}^{-1}$) es mucho mayor al que presentan los bosques de la selva tropical.

Ponce (2009) sustenta que la mayor cantidad de carbono almacenado en los suelos, posiblemente se deba a la existencia de abundante materia orgánica, que está en constante proceso de descomposición, aportando de una manera directa carbono al suelo. El carbono acumulado para suelos en los bosques nublados es de $141,152 \text{ Tn/ha}$, los valores obtenidos en estos bosques del Ecuador representan más del 50% del total de carbono almacenado por hectárea. Esto es muy importante y apoya la teoría de que los suelos de los bosques donde existe buena humedad son verdaderos reservorios de carbono. En el bosque de Samanga se puede apreciar que el suelo está concentrando más del 50% del carbono almacenado por hectárea y esto se debe a la presencia de una abundante materia orgánica, la cual se estaría siendo influenciada por la humedad presente en el suelo.

V. CONCLUSIÓN

El contenido de carbono en el bosque de neblina de Samanga; en suelo fue de 397,11 Tn C ha⁻¹ y en la biomasa arbórea fue de 102 Tn ha⁻¹.

El carbono por hectárea almacenado en el suelo, representa el 79,45% del total encontrado en los dos reservorios de carbono evaluados en el bosque de Samanga.

Los dos reservorios de carbono evaluados en las 2.16 has en el bosque de neblina de Samanga, arrojan un total de 499,81 Tn C ha⁻¹.

De ser perturbado el bosque evaluado se estarían emitiendo aproximadamente 1799,32 Tn CO₂.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones en contenidos de carbono abarcando otros compartimientos como: raíces, hojarasca, biomasa aérea arbustiva y necromasa.

En un futuro, generar ecuaciones alométricas: ya sean a nivel local o para las especies más dominantes del bosque, lo cual ayudaría para de esta manera tener datos más precisos y evitar errores de estimación

Generar información de los flujos de carbono entre los diferentes compartimientos de un ecosistema y su dinámica en el tiempo, ya sea por: respiración de troncos, respiración del suelo, crecimiento de raíces, producción de hojarasca.

Incentivar estudios similares en otros bosques de la Región Andina, y específicamente en el norte del Perú, con la finalidad de conocer y entender la dinámica en los bosques andinos y el contenido de carbono en cada uno.

Promover una investigación a largo plazo que permita determinar los cambios en la fijación de carbono en los bosques andinos, en un contexto de cambio climático.

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, G; García, N; Krasilnikov, P & García, F. (2013). *Almacenes de carbono en bosques montanos de niebla de la sierra norte de Oaxaca, México*. Facultad de ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.
- Brown, S & Lugo, A. (1982). *The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle*. Biotropical., 14: 161-187pp.
- Bubb, P; May, L; Miles & Sayer, J. (2004). *Cloud forest agenda report*. UNEP WCMC, Cambridge.UK.36pp.
- Cairns, M; Brown,S; Helmer, E & Baungardner,G.(1997). *Root biomass allocation in the world's upland forest*.Oecologia., 111:1-11pp.
- Calderón, M; Pinto, E; Cuesta,F; Pinto,J & Romero,H. (2013). *Línea base de contenidos de carbono aéreo y subterráneo en el gradiente altitudinal bosque, paramo-superpáramo, en la reserva Yanacocha, Quito-Ecuador*. En prensa.
- Cao, M & Woodward. (1998). *Net primary and ecosystem production and carbón stocks of terrestrial ecosystems and their responses to climate change*. Global Change Biology.,4: 185-198pp.
- Clark, D & Clark, A. (1996). *Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forests*. For. Ecol. Manage., 80: 235-244pp.
- Corbella, R; Fernández, J. (2000). *Materia orgánica del suelo*. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán.
- Davila, H. (2011). *Estimación de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (Theobroma cacao L.), En los departamentos de Suchitepquez y Retalhuleu del Sur-Occidente de Guatemala*.
- FAO. (2001). *Soil carbon sequestration for impoved land management*. World soil reports 96. Rome, 58 pp.
- FAO, (2004). *Inventario Forestal Nacional Manuel de campo. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales*. Guatemala

- García, J. (2003). *Análisis del potencial de emisión de dióxido de carbono del páramo de chingaza y lineamientos para su conservación en el contexto del mecanismo de desarrollo limpio*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y rurales. [Título de ecólogo].
- Gasparri, I; Manghi, E; Montenegro, I; Parmuchi, L; Bono, L & Strada, G. (2004). *Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas*. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 29 pp.
- Gifford, R. (1994). *The global carbon cycle: A viewpoint on the missing sink*. Plant Physiol. 21, 1-15pp.
- Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F & Roja, J. (2006). *Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua*.
- IPCC. (1995). Intergovernmental Panel on Climate Change. *The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. (2001). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, US. *Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. In McCarthy, JJ; Canziani, OF; Leary, NA; Dokken, DJ; White, KS. eds. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. Parte de la contribución del Grupo de trabajo II al Tercer Informe de Evaluación Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, CH, Cambridge University Press. 1000 pp.
- IPCC. (2007). Panel intergubernamental de Cambio Climático. *Resumen Técnico*. In *Cambio Climático 2007: Mitigación*. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. B. Metz, O.P Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer(eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK y NY.

- Isaza, D & Campos, R. (2007). *Cambio climático: Glaciaciones y Calentamiento Global*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 233-261 pp
- Jackson, M. (1964). *Análisis químico de suelos (Traducido por J. Beltrán)*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 662 pp.
- Kitayama, K & Aiba, S. (2002). *Ecosystem structure and productivity of tropical rain forests along altitudinal gradients with contrasting soil phosphorus pool in Mount Kinabalu*, Borneo. J. Ecol. 90: 37-51pp.
- Labán, L. (2012). *Captura de carbono en el bosque natural de algarrobo del campus de la Universidad de Piura* [Tesis]. Piura: Universidad Nacional de Piura. Facultad de ciencias.
- Lal, R & Kimbl, J. (1998). Pedospheric processes and the carbon cycle. In Lal. R; Kimble. KM; Follett. RF; Stewart. BA. (eds). *Soil processes and the carbon cycle*. Estados Unidos, CRC Press.1-8pp.
- MAE-Ministerio del Ambiente-Ecuador & FAO. (2014). *Evaluación Nacional Forestal*.
- Masera, O; De Jong, B & Ricalde, I. (2000). *Consolidación de la oficina mexicana para la mitigación de gases de efecto invernadero*. Instituto de Ecología Universidad Nacional Autónoma de México-ECOSUR. 197pp.
- Medina, G; Mena, P & Josse, C. (1999). *El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico*. GTP/Abya Yala. Quito. Serie Páramo 1
- NCI- Perú. (2012). Naturaleza y Cultura Internacional-Perú. *Expediente técnico: Área de conservación privada comunal bosques de neblina y páramos de Samanga, Ayabaca*. Naturaleza y cultura Internacional. Piura.
- NCI- Perú. (2014). Naturaleza y Cultura Internacional-Perú. *Boletín informativo N° 1. Iniciativa de monitoreo hidrológico en ecosistemas andinos IMHEA- Piura*. Naturaleza y cultura Internacional. Piura

- Orrego, J; del Valle, J & Moreno, F. (2003). *En medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Osinaga, O; Baez, S; Cuesta, F; Malizia, A; Carrilla, J; Aguirre, N & Malizia, L. (2014). *Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques andinos-Protocolo extendido*. CONDESAN / IER-UNT/ COSUDE. Quito, Ecuador. Protocolo 2 - Versión 1.
- Pardos.J. (2010). *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. Madrid. INIA.
- Pearson, T; Walker, S & Brown, S. (2005). *Sourcebook for land use, Land-Use change and forestry projects*.
- Ponce, F. (2009). *Inventario Forestal y de materia orgánica como línea base para la estimación de la cantidad de carbono fijado en la cordillera del Cóndor*. Fundación Natura.
- Post, W; Emanuel, M; Sinke, P & Stangenberger, A. (1982). *Soil carbon pools and world life zones*. Nature, 298, 156-159.
- Pregitzer, K & Euskirchen, E. (2004). *Carbon Cycling and Storage in World Forests: Biome Patterns Related to Forest Age.* Global Change Biology 10, 12, 2052-2077pp.
- Schlesinger, W. (1990). *Evidence from chronosequence studies for a low carbon storage potential of soils*. Nature, 348, 232-234pp.
- Sierra, C; Del Valle, J; Orrego, S; Moren, F; Harmon, M; Zapata, M; Colorado, G; Herrera, M; Lara, W; Restrepo, D; Berrouet, L; Loaiza, L & Benjumea, J. (2007). *Total, carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia*. Forest Ecology and Management 243: 299-309.
- Swift, R. (2001). *Sequestration of carbón by soil*. Soil Sci.166, 858-871pp.

TEAM Network. (2010). *Vegetation protocol implementation manual*. Tropical Ecology, assessment and monitoring network, Science and Knowledge Division, Conservation International, Arlington, VA, USA.v. 1.5

Torres, F. (2008). Páramos, jalcas y bosques de neblina en el norte del Perú.

Vásquez, A & Arellano, H. (2012). Estructura, Biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del sur y noroccidente de Córdoba. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

Yepes, A; Navarrete, D; Duque, A; Phillips, J; Cabrera, K; Álvarez, E; García, M & Ordoñez, M. (2011). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 162 p.

Zanne, A; López -González, G; Coomes, D; Ilic, J; Jansen, S; Lewis, S; Miller, R; Swenson, N; Wiemann, M & Chave, J. (2009). Global wood density database. Dryad.

Recuperado de:

<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

VIII. ANEXOS

Tabla 10: Contenido de carbono en 3 parcelas evaluadas

N° Parcela	Carbono (Tn/ ha)
2	104,59 (±9,86)
3	86,43 (± 3,94)
6	108,67 (± 7,68)

Con estos datos se calculó el promedio y la desviación estándar. (Anexo 2)

Tabla 11: Datos estadísticos para obtener el número de parcelas.

Área de estudio	181.71 ha
Área de la Parcela	0,36 ha
Área del estrato (N)	504,75
Promedio de stock de carbono	99,90
Desviación estándar (s)	11,84
Muestra estadística de la distribución (t)	2
Nivel de precisión seleccionado	10% (0,1)
Error permitido (E)	9,99

Aplicando la fórmula:

$$n = \frac{(504,75 * 11,84)^2}{\frac{504,75^2 * 9,99^2}{2^2} + 504,75 * 11,84^2} = 5,37$$

Tabla 12: Corrección de la pendiente del terreno para una medición de 10 m como una función de la pendiente del terreno al grado más próximo (el mismo valor se aplica para valores negativos)

Pendiente del terreno (en grados)	Mediciones en terreno	Núm. de cm para adicionar
1	10,00	0
2	10,01	1
3	10,01	1
4	10,02	2
5	10,04	4
6	10,06	6
7	10,08	8
8	10,10	10
9	10,12	12
10	10,15	15
11	10,19	19
12	10,22	22
13	10,26	26
14	10,31	31
15	10,35	35
16	10,40	40
17	10,46	46
18	10,51	51
19	10,58	58
20	10,64	64
21	10,71	71
22	10,79	79
23	10,86	86
24	10,95	95
25	11,03	103
26	11,13	113
27	11,22	122
28	11,30	133
29	11,43	143
30	11,55	155

Fuente: TEAM Network, 2010

Tabla 13: Plantilla de establecimiento de la parcela. (Osinaga et al., 2014)

Metadatos de parcela permanente : ESTABLECIMIENTO			
Nombre del sitio		codigo del sitio:	
Nombre de la parcela		codigo de parcela:	
Fecha de inicio del establecimiento		Fecha de finalización de establecimiento:	
Equipo de instalación			
Medidor:			
Orientador:			
Datos de instalación			
Área (ha):		Perímetro (m):	
Forma:		Dimensiones (m):	
Orientación:		Altitud(m.s.n.m):	
Rumbo brújula línea de base S-N:		Rumbo brújula línea de base O-E:	
Coordenadas vértices (latitud,longitud)			
0-0:		Orientación :	
0-60:		Orientación:	
60-0:		Orientación:	
60-60:		Orientación:	
Tamaño de de divisiones internas			
Cuadrantes:			
Material de demarcación			
Límites:			
Cuadrantes:			
Medición			
Materiales de medición empleados:		Unidad de medición:	
Error de medición de la parcela (cm):			
Comentarios			

Tabla 14: Planilla de monitoreo de vegetación arbórea (modificado Osinaga *et al.*, 2014)

[illegible]

Fig. 19: Análisis de caracterización de las muestras de calicatas (macro y mico nutrientes).



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION



Solicitante : NATURE AND CULTURE INTERNATIONAL

Departamento : PIURA

Distrito : AYABACA

Referencia : H.R. 50521-099C-15

Provincia : AYABACA

Predio : C.C. SAMANGA

Fecha : 31/08/15

Número de Muestra		pH (1:1) (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
								%	%	%			meq/100g							
8903	CA01-01-Prof. 31 cm.	5.80	0.62	0.00	17.85	9.3	165	64	29	7	Fr.A.	54.40	0.47	0.38	0.28	0.07	3.70	4.90	1.20	2
8904	CA01-01-Prof. 10 cm.	5.03	0.18	0.00	5.44	3.6	61	66	25	9	Fr.A.	41.60	0.48	0.48	0.14	0.07	8.60	9.77	1.17	3
8905	CA01-01-Prof. 13 cm.	5.18	0.25	0.00	8.45	3.3	79	64	27	9	Fr.A.	43.20	0.81	0.47	0.18	0.07	6.40	7.93	1.53	4
8906	CA02-01-Prof. 20 cm.	3.90	0.06	0.00	2.68	2.5	50	52	29	19	Fr.	25.92	0.93	0.65	0.08	0.06	6.90	8.62	1.72	7
8907	CA02-01-Prof. 29 cm.	4.02	0.14	0.00	6.38	4.8	189	56	29	15	Fr.A.	35.20	2.16	1.22	0.49	0.07	5.80	9.73	3.93	11
8908	CA02-01-Prof. 11 cm.	3.90	0.08	0.00	4.70	3.6	89	58	27	15	Fr.A.	29.28	1.19	0.78	0.16	0.06	7.20	9.39	2.19	7

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
Lab.	Claves					
8903	CA01-01-Prof. 31 cm.	0.00	1.80	189.60	5.60	2.40
8904	CA01-01-Prof. 10 cm.	0.00	1.70	330.00	6.50	1.70
8905	CA01-01-Prof. 13 cm.	0.00	1.90	311.00	8.00	3.10
8906	CA02-01-Prof. 20 cm.	0.00	2.20	648.00	10.30	2.10
8907	CA02-01-Prof. 29 cm.	0.00	2.00	809.00	10.60	2.10
8908	CA02-01-Prof. 11 cm.	0.00	2.30	877.00	12.10	1.90



Dr. Sady García Bendeza
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: tabsuelo@lamolina.edu.pe

Fig. 20: Análisis especial de las muestras de suelo de las calicatas
(Peso seco y % humedad)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : NATURE AND CULTURE INTERNATIONAL
PROCEDENCIA : PIURA/ AYABACA/ AYABACA/ C.C. SAMANGA
REFERENCIA : H.R. 50523
FECHA : 31/08/2015

Lab	Número Muestra Claves	Peso Suelo Seco g	Humedad %
2847	CAO 01-P1, Prof. 31 cm.	139.80	67.51
2848	CAO 01-P1, Prof. 35 cm.	101.58	71.63
2849	CAO 01-P1, Prof. 12 cm.	103.84	91.26
2850	CAO 01-P1, Prof. 10 cm.	101.10	92.80
2851	CAO 01-P1, Prof. 66 cm.	207.08	38.34
2852	CAO 01-P1, Prof. 80 cm.	216.72	32.00
2853	CAO 01-P1, Prof. 13 cm.	108.90	74.67
2854	CAO 01-P1, Prof. 38 cm.	119.90	59.50
2855	CAO 01-P1, Prof. 70 cm.	208.78	35.95
2856	CAO 01-P 1, Prof. 20 cm.	155.58	39.83
2857	CAO 02-P 02, Prof. 76 cm.	201.26	26.01
2858	CAO 02-P 02, Prof. 74 cm.	191.46	26.43
2859	CAO 02-P 01, Prof. 29 cm.	165.34	32.56
2860	CAO 02-P 01, Prof. 17 cm.	193.08	42.72
2861	CAO 02-P 01, Prof. 10 cm.	160.16	43.12
2862	CAO 02-P 01, Prof. 11 cm.	167.00	42.63
2863	CAO 02-P 02, Prof. 60 cm.	240.68	26.51
2864	CAO 03-P 01, Prof. 15 cm.	112.82	44.39
2865	CAO 03-P 01, Prof. 28 cm.	184.04	35.75
2866	CAO 03-P 02, Prof. 65 cm.	135.10	61.85
2867	CAO 03-P 02, Prof. 61 cm.	137.17	51.90
2868	CAO 03-P 02, Prof. 75 cm.	128.38	62.06
2869	CAO 03-P 01, Prof. 25 cm.	169.98	34.43
2870A	CAO 03-P 01, Prof. 27 cm.	179.43	35.15
2870B	CAO 03-P 01, Prof. 40 cm.	338.61	32.83



Dr. Sady García Bendejú
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Tabla 15: Análisis especial del suelo obtenido de las parcelas.
(%M. O, Peso seco, % Humedad, %C)

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO						
SOLICITANTE : NATURE AND CULTURE INTERNATIONAL						
PROCEDENCIA : PIURA/ AYABACA/ AYABACA/ C.C. SAMANCA						
REFERENCIA : H.R. 51544						
FACTURA : 29675						
FECHA : 16/10/2015						
Número Muestra		M.O. %	Peso Suelo Húmedo g	Peso Suelo Seco g	Humedad %	C %
Lab	Claves					
4350	Parcela: 3, Prof. 18 cm., Coord. 60-0	31.74	318.04	192.52	65.20	18.41
4351	Parcela: 3, Prof. 36 cm., Coord. 60-0	15.95	530.00	383.92	38.05	9.25
4352	Parcela: 3, Prof. 18 cm., Coord. 20-40	23.71	259.12	172.40	50.30	13.75
4353	Parcela: 3, Prof. 36 cm., Coord. 20-40	18.22	377.70	256.52	47.24	10.57
4354	Parcela: 3, Prof. 18 cm., Coord. 40-20	35.57	229.84	141.44	62.50	20.63
4355	Parcela: 3, Prof. 36 cm., Coord. 40-20	24.39	449.48	299.34	50.16	14.15
4356	Parcela: 4, Prof. 18 cm., Coord. 60-0	31.58	270.44	163.70	65.20	18.32
4357	Parcela: 4, Prof. 36 cm., Coord. 60-0	33.14	379.67	224.12	69.40	19.22
4358	Parcela: 4, Prof. 18 cm., Coord. 20-40	45.43	319.30	168.56	89.43	26.35
4359	Parcela: 4, Prof. 36 cm., Coord. 20-40	26.69	344.58	209.04	64.84	15.48
4360	Parcela: 4, Prof. 18 cm., Coord. 40-20	32.79	376.00	224.78	67.27	19.02
4361	Parcela: 4, Prof. 36 cm., Coord. 40-20	21.31	452.00	271.84	66.27	12.36
4362	Parcela: 5, Prof. 18 cm., Coord. 60-0	15.40	402.56	284.42	41.54	8.93
4363	Parcela: 5, Prof. 36 cm., Coord. 60-0	12.33	534.90	393.12	36.07	7.15
4364	Parcela: 5, Prof. 18 cm., Coord. 20-40	23.24	364.08	228.16	59.57	13.48
4365	Parcela: 5, Prof. 36 cm., Coord. 20-40	21.36	468.36	301.62	55.28	12.39
4366	Parcela: 5, Prof. 18 cm., Coord. 40-20	24.55	362.86	222.68	62.95	14.24
4367	Parcela: 5, Prof. 36 cm., Coord. 40-20	18.33	501.88	325.08	54.39	10.63
4368	Parcela: 6, Prof. 18 cm., Coord. 60-0	14.07	462.08	324.50	42.40	8.16
4369	Parcela: 6, Prof. 36 cm., Coord. 60-0	9.40	506.78	374.24	35.42	5.45
4370	Parcela: 6, Prof. 18 cm., Coord. 20-40	4.36	551.00	449.94	22.46	2.53
4371	Parcela: 6, Prof. 36 cm., Coord. 20-40	6.03	591.60	467.78	26.47	3.50
4372	Parcela: 6, Prof. 18 cm., Coord. 40-20	13.45	399.70	290.98	37.36	7.80
4373	Parcela: 6, Prof. 36 cm., Coord. 40-20	11.91	462.02	342.92	34.73	6.91
<p><i>Dr. Sady García Bendezú</i> <i>Jefe del Laboratorio</i></p>						

Tabla 16: Ficha de evaluación de suelo (Calderón *et al.*, 2013)

[illegible]

Tabla 17: Contenido de carbono / especie/ha

ESPECIE	C (Tn/ha⁻¹)
<i>Weinmania elliptica</i>	21.4410575
<i>Podocarpus oleifolius</i>	17.7331615
<i>Weinmania pubescens</i>	9.82258785
<i>Styrax sp.</i>	6.28671004
<i>Axinaea macrophylla</i>	5.47440549
<i>Hedyosmun scabrum</i>	4.9159589
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	4.89318226
<i>Myrsine andina</i>	4.55054909
<i>Clusia alata</i>	3.59435863
<i>Criptoniopsis floribunda</i>	2.5142362
<i>Indet.</i>	1.69197094
<i>Aniba sp</i>	1.64926694
<i>Miconia bracteolata</i>	1.6299963
<i>Hedyosmun sp.</i>	1.56443944
<i>Trichilia sp.</i>	1.55140842
<i>Ternstroemia luquillensis</i>	1.270757
<i>Prunus opaca</i>	1.26380832
<i>Viburnum triphyllum</i>	1.1624827
<i>Rosaceae</i>	1.06611973
<i>Vallea ecuadorensis</i>	0.85579817
<i>Cornus peruviana</i>	0.77364578
<i>Maytenus sp.</i>	0.71866539
<i>Oreocallis grandiflora</i>	0.68300756

Tabla 18: Contenidos de carbono en biomasa en bosques de distintos países. Información tomada del Proyecto de Evaluación Nacional Forestal (Ecuador), en este anexo se muestra los contenidos de carbono en la biomasa aérea en bosques de diferentes países, en dónde se aprecia que el contenido de carbono en este compartimento en el bosque de Samanga está en el promedio de los aportes encontrados en bosques húmedos y andinos de Brasil, Ecuador y Perú.

Tipo de bosque ajustado para comparar con la ENF	País	Lugar y detalles	Carbono biomasa aérea (t/ha ⁻¹)	Fuente
Bosque andino	Global	Supuesto permitido por IPCC en caso de no existir datos para sistema montañoso IPCC	30-115	IPCC 2006 (TABLE 4.1)
Bosque húmedo	Brasil	Amazonas bosque primario	189	Sist <i>et al.</i> , 2014
Bosque húmedo	Brasil	Amazonas bosque bajo aprovechamiento	141	Sist <i>et al.</i> , 2014
Bosque húmedo	Perú	Andes Peruanos Bosque húmedo 3450 m.s.n.m.	43	Girardin <i>et al.</i> , 2013a
Bosque húmedo	Perú	Andes Peruanos Bosque húmedo 1855 m.s.n.m.	55,575	Girardin <i>et al.</i> , (2010) citado por Girardin <i>et al.</i> 2013a
Bosque húmedo	Perú	Andes Peruanos Bosque húmedo 2720 m.s.n.m.	65,935	Girardin <i>et al.</i> , (2010) citado por Girardin <i>et al.</i> 2013a
Bosque húmedo	Perú	Andes Peruanos Bosque húmedo 1000 m.s.n.m.	79,45	Girardin <i>et al.</i> , (2010) citado por Girardin <i>et al.</i> 2013a
Bosque húmedo	Perú	Andes Peruanos Bosque húmedo 3020 m.s.n.m.	94,6	Girardin <i>et al.</i> , (2010) citado por Girardin <i>et al.</i> 2013a
Bosque húmedo	Perú	Andes Peruanos Bosque húmedo 2380 m.s.n.m.	123,5	Girardin <i>et al.</i> , 2013a
Bosque húmedo	Perú	Andes Peruanos Bosque húmedo 2020 m.s.n.m.	38,62	Girardin <i>et al.</i> , (2010) citado por Girardin <i>et al.</i> , 2013a
Bosque húmedo	Perú	Andes Peruanos Bosque húmedo 3025 m.s.n.m.	118,52	Girardin <i>et al.</i> , (2010) citado por Girardin <i>et al.</i> , 2013a
Bosque húmedo	Ecuador	Andes Ecuatorianos (Zamora-Chinchi y Loja) 1050 m.s.n.m.	137,6	Leuschner <i>et al.</i> , 2013, Moser <i>et al.</i> , 2011
Bosque húmedo	Ecuador	Andes Ecuatorianos (Zamora-Chinchi y Loja) 1540 m.s.n.m.	80,8	Leuschner <i>et al.</i> , 2013, Moser <i>et al.</i> , 2011
Bosque húmedo	Ecuador	Andes Ecuatorianos (Zamora-Chinchi y Loja) 1890 m.s.n.m.	82,5	Leuschner <i>et al.</i> , 2013, Moser <i>et al.</i> , 2011
Bosque húmedo	Ecuador	Andes Ecuatorianos 2380 m.s.n.m.	48,6	Leuschner <i>et al.</i> , 2013, Moser <i>et al.</i> , 2011

Bosque húmedo	Ecuador	Andes Ecuatorianos (Zamora-Chinchipec and Loja) 3060 m.s.n.m.	54,1	Leuschner <i>et al.</i> , 2013, Moser <i>et al.</i> , 2011
Bosque húmedo	Global	Supuesto permitido por IPCC en caso de no existir datos para bosque tropical lluvioso IPCC	150 (60-200)	IPCC 2006 (TABLE 4.1)
Bosque húmedo secundario	Ecuador	Noroccidental (Esmeraldas hacia sub montano) precipitación mayor 2500 Bosque Sub tropical secundario mayor 40 años	127,5	Fehse <i>et al.</i> 1999 citado por López <i>et al.</i> , 2002
Bosque húmedo secundario	Costa Rica	Edad 9 años	35,1	Cifuentes, Jara, 2008
Bosque húmedo secundario	Costa Rica	Edad 40 años	45,5	Cifuentes, Jara, 2008
Bosque húmedo secundario	Ecuador	Pichincha/Imbabura Bosque secundario 400 m.s.n.m. (30años)	100,89	Bauters, 2013
Bosque húmedo secundario	Ecuador	Pichincha/Imbabura Bosque secundario 1950 m.s.n.m. (30 años)	118,2	Bauter, 2013

Fuente: Evaluación Nacional Forestal, 2014

Comparación del contenido de carbono en bosques andinos

El contenido de carbono en los dos reservorios evaluados para las 2,16 ha en el bosque de Samanga es de 499,81 Tn ha⁻¹, un valor muy alto con relación al bosque de la microcuenca El Carmen ubicada en Loja (2008), al bosque de neblina de Oaxaca (2013) como se observa en la tabla 19 y figura 21.

Tabla 19: Contenido de Carbono (Tn/ha)en diferentes Bosques montanos.

Bosques de Neblina	C total
El Carmen	279,32
Oaxaca	365,5
Bosque de Samanga	499,81

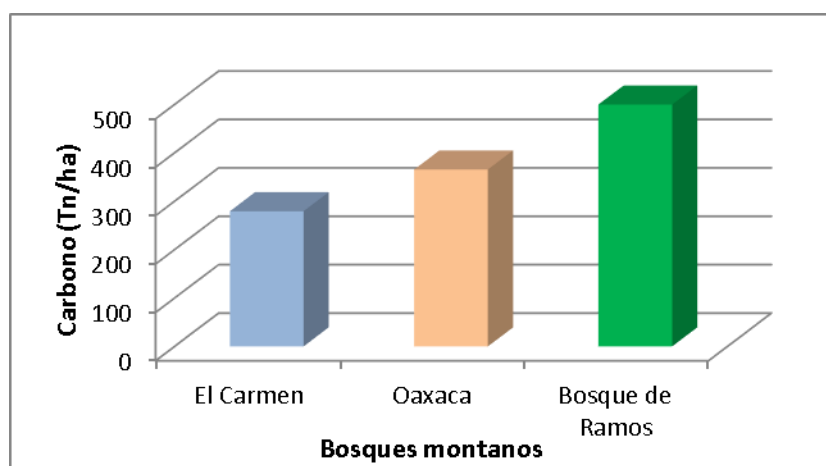


Fig.21: Contenido total de Carbono en Bosques montanos

El alto contenido de carbono en el Bosque de Samanga, se debe principalmente al carbono almacenado en el suelo, en este sentido al realizar una comparación excluyendo el aporte de este reservorio (tabla 20) vemos que el contenido de carbono en el estrato arbóreo en el área de estudio es cercano al bosque de la microcuenca el Carmen en Loja, Ecuador, pero es superado ampliamente por el reportado por Álvarez *et al.* (2013) en el bosque de neblina de Oaxaca.

Tabla 20: Contenido de carbono (Tn/ha) en biomasa arbórea en diferentes bosques montanos.

Bosques de Neblina	C biomasa (Tn/ha)
El Carmen	99,02
Oaxaca	207,3
Bosque de Samanga	102,70

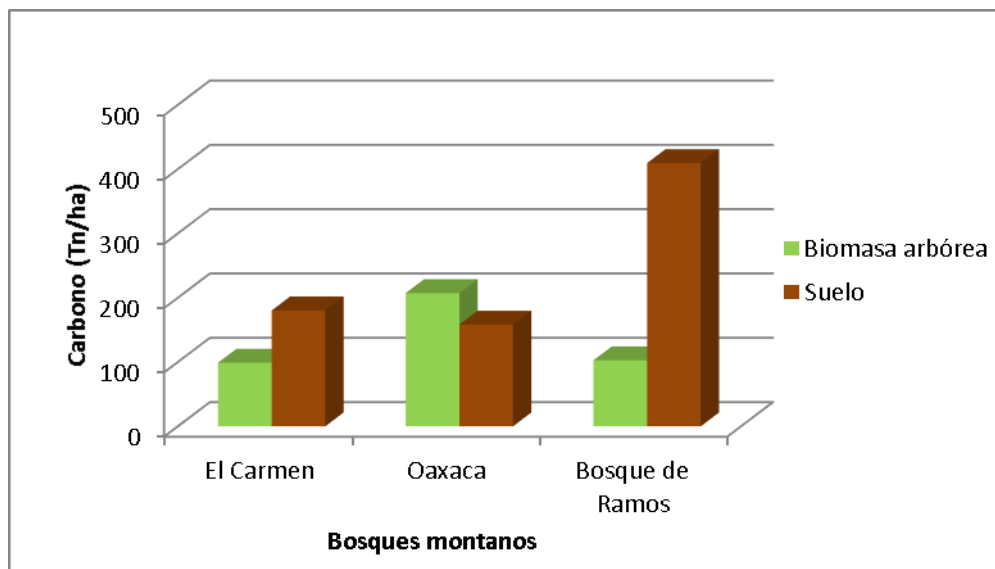


Fig.22: Comparación de cantidad de carbono por reservorio en bosques montanos

Haciendo una comparación de los dos reservorios de carbono evaluados en diferentes bosques montanos: el Carmen, Oaxaca, Bosque de Samanga; podemos corroborar lo antes expuesto (figura 22).

Tabla 21: Listado de especies encontradas en el bosque de Samanga

Familia	Especie	D.S. 043 -2006- AG	IUCN
Lauraceae	<i>Aniba muca</i>		
	<i>Aniba sp</i>		
Asteraceae	<i>Baccharis brachylaenoides</i>		
	<i>Baccharis sp.</i>		
	<i>Barnadesia sp.</i>		
	<i>Sp1</i>		
	<i>Criptoniopsis floribunda</i>		
Ericaceae	<i>Bejaria resinosa</i>		
Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i>		
Clusiaceae	<i>Clusia alata</i>		
Cornaceae	<i>Cornus peruviana</i>		
Verbenaceae	<i>Duranta sp.</i>		
Salicaceae	<i>Abatia parviflora</i>		
Pentaphylacaceae	<i>Freziera sp.</i>		
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum scabrum</i>		
	<i>Hedyosmum sp.</i>		
Aquifoliaceae	<i>Ilex rupicola</i>		
	<i>Ilex sp.</i>		
Indt	<i>Sp2</i>		
Celastraceae	<i>Maytenus sp.</i>		
Sabiaceae	<i>indet.</i>		
Melastomataceae	<i>Miconia bracteolata</i>		
	<i>Miconia denticulata</i>		
	<i>Miconia sp.</i>		
	<i>Ossaea sp.</i>		
	<i>Axinaea macrophylla</i>		
Myricaceae	<i>Morella pubescens</i>		
Myrtaceae	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>		
	<i>Eugenia aemula</i>		
Myrsinaceae	<i>Myrsine andina</i>		
	<i>Myrsine coriacea</i>		
	<i>Geissanthus vanderwerffii</i>		NT
Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>		
	<i>Ocotea sp2.</i>		
	<i>sp3</i>		
	<i>Endlicheria cf.oreocola</i>		
	<i>Persea brevipes</i>		
	<i>Persea sp.</i>		
Proteaceae	<i>Oreocallis grandiflora</i>		

	<i>Roupala cf. pachipoda</i>		
Araliaceae	<i>Oreopanax andreanus</i>		
	<i>Oreopanax rosei</i>		VU
Rubiaceae	<i>Palicourea chlorecaerulea</i>		
	<i>Cinchona officinalis</i>		
Piperaceae	<i>Piper barbatum</i>		
	<i>Piper ecuadorensis</i>		
Podocarpaceae	<i>Podocarpus oleifolius</i>	(CR)	LC
Rosaceae	<i>Prunus opaca</i>		
	<i>Sp4</i>		
	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>		
Rhamnaceae	<i>Rhamnus acuminata</i>		
Siparunaceae	<i>Siparuna eggersii</i>		EN
Solanaceae	<i>Solanum cutervanum</i>		
	<i>Solanum sp.</i>		
	<i>Cestrum peruvianum</i>		
Styracaceae	<i>Styrax sp.</i>		
Symplocaceae	<i>Symplocos canescens</i>		VU
	<i>Symplocos quitensis</i>		
	<i>Symplocos sp.</i>		
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia luquillensis</i>		CR
Meliaceae	<i>Trichilia sp.</i>		
Elaeocarpaceae	<i>Vallea ecuadorensis</i>		NT
Caprifoliaceae	<i>Viburnum sp.</i>		
	<i>Viburnum triphyllum</i>		
Cunoniaceae	<i>Weinmannia elliptica</i>		
	<i>Weinmannia pubescens</i>		
Rutaceae	<i>Zanthoxylum sp.</i>		

NT: Casi amenazada, **VU:** vulnerable, **CR:** peligro crítico, **EN:** en peligro de extinción, **LC:** menor preocupación.

Se determinaron 67 especies arbóreas, pertenecientes a 36 familias y 52 géneros; en tanto 04 especies no se lograron determinar. Las familias con mayor riqueza de especies fueron: Lauraceae con 8 especies y Asteraceae con 5. Existe una dominancia de la familia Chlorantaceae con 930 individuos seguida de Primulaceae con 707 individuos.



Fig. 23: Instalación de la Parcela

(a) Trazado de la primera línea base de 60 metros, en el punto (0,0); (b) Orientación de la primera línea base con ayuda de la brújula; (c) Cálculo de la pendiente existente entre el poste ubicado en (0,0) y la parte superior del poste ubicado en (10,0) con la ayuda de un clinómetro, una vez calculada la pendiente el orientador corrigió la medida horizontal del suelo.



Fig.24: Estimación de Biomasa arbórea.

(a)Medición del diámetro a 1,30 m; (b) Marcado del Punto óptimo de medición;(c) Etiquetado del árbol; (d) árbol evaluado y registrado.



Fig. 25: Realización de calicatas e identificación de horizontes del suelo.
 (a) Realización de calicatas; (b) identificación de dos horizontes en calicata de la parcela; (c) identificación de tres horizontes en calicata de la parcela seis; (d) toma de muestra del primer horizonte de la calicata.



Fig. 26: Toma de muestras de suelo dentro de las parcelas.

(a) Toma de muestra de suelo a 18 cm de profundidad con ayuda de un barreno; (b) obtención de muestra de suelo; (c) rotulado en campo.



Fig. 27: Equipo evaluador.

